



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIENCIAS Y ADMINISTRACIÓN
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN Y ECONOMÍA

“Valorización económica de la calidad del aire: Impacto de la
contaminación en la percepción del estado de salud de la población
Chilena”

MARCOS DAVID GUZMÁN DELGADO

2012



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIENCIAS Y ADMINISTRACIÓN
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN Y ECONOMÍA

“Valorización económica de la calidad del aire: Impacto de la
contaminación en la percepción del estado de salud de la población
Chilena”

**TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO
DE INGENIERO COMERCIAL**

Profesor Guía: Yenniel Mendoza Carbonell

MARCOS DAVID GUZMÁN DELGADO

2012

**VALORIZACIÓN ECONÓMICA DE LA CALIDAD DEL AIRE: IMPACTO DE LA
CONTAMINACIÓN EN LA PERCEPCIÓN DEL ESTADO DE SALUD DE LA
POBLACIÓN CHILENA**

MARCOS DAVID GUZMÁN DELGADO

YENNIEL CASTILLO C. – VIOLETA CANTERO M. – KARINA SANDOVAL H.

YENNIEL MENDOZA CARBONELL

Profesor Guía

VIOLETA CANTERO MANCILLA

Profesor Examinador 1

KARINA SANDOVAL HENRIQUEZ

Profesor Examinador 2

Nota trabajo escrito : 5.8

Nota examen : 6.5

Nota final : 6.2

Dedicada a todos aquellos que no se conforman con la mediocridad, que están convencidos que el éxito solo se logra con sacrificio, y que saben que cuando la vida les presenta un camino amargo, el esfuerzo y la persistencia son claves para cambiar su destino y obtener la victoria.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a Dios, por su eterno amor, por darme el privilegio de vivir, por regalarme la posibilidad de llegar hasta aquí, por jamás permitir que ningún recurso me faltase, por guiarme y por darme las fuerzas para no decaer jamás.

Agradezco intensamente a mi madre Mileyty, por sus infinitas oraciones, por ser mi pilar, por amarme siempre, mi ejemplo de vida, mi consejera y mi mejor amiga. Sin lugar a duda jamás podría haber llegado hasta aquí si no hubiera contado con ella. Eternamente agradecido.

A mis amigos, quienes han estado siempre en cada momento que los he necesitado, generando una sinergia única en cada ramo que superamos juntos. Les agradezco cada jornada de estudio, donde combatíamos con el sueño y el cansancio. Les doy gracias por cada vivencia, cada risa y cada abrazo. Fueron fundamentales no solo en el desarrollo académico, sino también en el crecimiento humano.

A la Familia Matus Castillo, que durante más de 5 años abrieron las puertas de su hogar como centro de estudio y muchas veces de descanso y de cariño. Una gran familia que siempre llevaré en mi corazón.

A mi novia Vanessa, con la cual he podido contar siempre, entregándome un amor incondicional, por ser mi amiga y mi compañera, y por darme felicidad a cada momento que estoy a su lado.

Por último, agradezco a cada integrante de la comunidad universitaria: Profesores, administrativos y dirigentes, que me han entregado una formación valiosa tanto académica como humana, la cual me permitirá desarrollarme en mi futuro profesional de una óptima manera.

Resumen

La contaminación en el aire a nivel mundial ha acrecentado la preocupación de la sociedad por su impacto, entre otras cosas, en la salud de las personas. Asimismo, las políticas gubernamentales que buscan el cuidado y mejoramiento ambiental han ido en aumento en todo el mundo, y nuestro país no está ajeno a estas prácticas. Las ciudades de Temuco y Padre las Casas, ubicadas en la Región de la Araucanía, cuentan con altos niveles de contaminación en el aire que se deben fundamentalmente al uso de leña por los hogares, lo que se refleja en los niveles excesivos de los contaminantes MP_{10} y $MP_{2,5}$, los cuales superan los niveles exigidos en las normas primarias chilenas y por las normas internacionales propuestas por la OMS. Es por esto que en el año 2007 fue aprobado el Plan de Descontaminación Atmosférica para Temuco y Padre las Casas, contemplando una inversión pública y privada cercana a los US\$30.000.000 para un período de 15 años. Sin embargo, su rentabilidad social no es del todo clara, dada la complejidad en la valorización del aire limpio. Existen distintos métodos para evaluar dicha rentabilidad, principalmente a través de la Disposición a Pagar por parte de la sociedad. El objetivo del presente trabajo es evaluar la rentabilidad social de dicho PDA, a través de un modelo basado en la percepción del bienestar, estableciendo una relación entre la Tasa Marginal de Sustitución y la disposición a pagar. Se utilizaron datos de la Encuesta CASEN 2009, donde se consulta sobre la percepción de la salud, y datos de contaminación entregados por el MMA. Para esto, se formaron dos modelos de regresión lineal (basados en la contaminación del material particulado MP_{10} y del $MP_{2,5}$ respectivamente) donde se estudiaron las principales influencias en la Percepción de la Salud de los pobladores, utilizando los coeficientes de dichos modelos para establecer la Tasa Marginal de Sustitución y así, a través del proceso de monetización, obtener la Disposición a Pagar para reducir la contaminación. Al realizar los modelos, y en armonía con la realidad internacional, se determinó que en ambos casos la Disposición a Pagar obtenida en el proceso de monetización es mayor a la inversión requerida, por lo que la inversión en el Plan de Descontaminación Atmosférica para Temuco y Padre las Casas es socialmente rentable.

Índice de Contenidos

Capítulo 1. Introducción.....	13
Capítulo 2. Marco Teórico	17
2.1 Aspectos de la Teoría Económica	20
2.2 Métodos de Valorización	28
a) Método de Precio de Mercado y Productividad.	29
b) El Costo del Daño Evitado, de Reemplazo y Métodos Alternativos	30
c) Método de Precios Hedónicos	31
d) Método de Costo de Viaje.....	33
e) Método de Valoración Contingente	34
f) Método de Transferencia de Beneficios Estimados	36
g) Método de Función de Daño.....	36
2.3 Método basado en Percepción de Bienestar.....	37
Monetización de este modelo.....	41
Estudios Referentes sobre Percepción de Bienestar	48
Capítulo 3. Salud y Contaminación: Análisis de Situación Mundial.....	54
3.1 Análisis de Chile y su entorno	64
Chile y la Percepción del Bienestar	65
Capítulo 4. Modelo de Percepción de Salud para Chile	68
4.1 Primer Modelo de Regresión. Basado en MP_{10}	79
Pruebas Estadísticas.....	84
Monetización	87
4.2 Segundo Modelo de Regresión Basado en $MP_{2.5}$	89

Pruebas Estadísticas.....	91
Monetización	93
Capítulo 5. Conclusiones	96
Bibliografía.....	100
Anexos	106
Anexo 1: Estadística Descriptiva Percepción de la Salud	107
Anexo 2: Comunas con datos MP ₁₀	110
Anexo 3: Comunas con datos MP _{2.5}	112

Índice de Tablas

Tabla 3.2:	Tabla de Correlación de variable Satisfacción por salud personal	58
Tabla 3.7:	Resumen del modelo internacional	62
Tabla 3.8:	Coefficientes del Modelo Internacional	62
Tabla 4.4:	Matriz de Correlaciones - Percepción de la Salud (S8-CASEN)	70
Tabla 4.5:	Frecuencia Regiones con Variable Independiente MP ₁₀	73
Tabla 4.6:	Frecuencia Regiones con Variable Independiente MP _{2.5}	74
Tabla 4.1.1:	Coefficientes de Primer Modelo	79
Tabla 4.1.2:	Prueba de Heterocedasticidad primer modelo	83
Tabla 4.1.3:	Prueba de Autocorrelación primer modelo	84
Tabla 4.1.4:	Prueba de Multicolinealidad primer modelo	85
Tabla 4.1.5:	Cálculo de la DAP utilizando Ingreso Mediano	87
Tabla 4.1.6:	Cálculo de la DAP utilizando Ingreso Medio	87
Tabla 4.1.7:	Coefficientes de Segundo Modelo	89
Tabla 4.1.8:	Prueba de Heterocedasticidad del segundo modelo	90
Tabla 4.1.9:	Prueba de Autocorrelación segundo modelo	91
Tabla 4.1.10:	Prueba de Multicolinealidad primer modelo	91
Tabla 4.1.11:	Cálculo de la DAP segundo modelo	93

Índice de Figuras

Esquema 1.1:	Excedentes Económicos	22
Esquema 1.2:	Tipos de Bienes	23
Esquema 2.1:	Evaluación de Enfermedades para Método Función de Daño	36
Gráfico 2.2:	Curva de Indiferencia Básica	42
Gráfico 2.3:	Curva de Indiferencia entre Calidad del Aire e Ingreso per Cápita	44
Esquema 3.1:	Mapa de Trabajo	54
Gráfico 3.2:	Histograma Percepción de Salud	57
Gráfico 3.3:	Satisfacción de Vida vs. Contaminación	58
Gráfico 3.4:	Porcentaje de Satisfacción por salud personal vs Contaminación	59
Gráfico 3.5:	Porcentaje Satisfacción Salud personal vs Porcentaje Satisfacción Calidad de Aire	60
Gráfico 3.6:	Ingreso Per Cápita (Log) vs Porcentaje Satisfacción Salud Personal	60
Gráfico 3.9:	Percepción de la Satisfacción de Vida en América Latina	64
Gráfico 3.10:	Percepción de la Calidad de Aire en América Latina	65
Gráfico 3.11:	Promedio Anual de MP ₁₀ América Latina	66
Esquema 4.1:	Conversión Nota de Evaluación Percepción de la Salud CASEN a 3 categorías	64
Gráfico 4.2:	Histograma Percepción de la Salud	64
Esquema 4.1:	Conversión Nota de Evaluación Percepción de la Salud CASEN a 3 categorías.	68

Gráfico 4.2:	Histograma Percepción de la Salud (nota de 1 a 7)	69
Gráfico 4.3:	Histograma Percepción de la Salud (nota de 1 a 3)	70
Gráfico 4.7:	Promedios Anuales de MP ₁₀ Año 2009	75
Gráfico 4.8:	Promedios Anuales de MP _{2.5} Año 2009	76

Capítulo 1.

Introducción

Se considera al aire limpio como un bien básico y necesario para el desarrollo de la sociedad desde su mirada más primitiva, en términos de la salud y el bienestar humano. No obstante, según una evaluación de la Organización Mundial de la Salud (OMS), son más de dos millones las muertes prematuras en el mundo que se pueden atribuir cada año a los efectos de la contaminación del aire, por lo que no es un tema que puede ser pospuesto permanentemente (OMS, 2005). Asimismo, se puede ver que el aumento de la población mundial, el crecimiento económico y la búsqueda de mejorar la calidad de vida, están instalando una presión adicional sobre los atenuados inventarios de recursos naturales y atractivos ambientales.

Durante las últimas décadas la contaminación del aire ha empezado a capturar la atención de los distintos protagonistas de la sociedad, dada su preocupante evolución. Es por esto que se ha llegado al consenso internacional de que es fundamental potenciar el desarrollo sustentable en la economía mundial. Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el desarrollo sustentable se entiende como aquel que satisface las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades (ONU, 1993). Ello se ha reflejado en las últimas décadas en que se han implementado muchas políticas ambientales a nivel mundial, regional y local para resguardar el bienestar futuro de la población.

De esta manera, como crece la preocupación, crece la conciencia e información con respecto a los problemas de la calidad del aire en distintas ciudades de Chile, y las políticas necesarias para que esta situación mejore. (Cerdea *et al.*, 2010).

En términos técnicos, el principal problema en nuestro país ha sido que el material particulado MP_{10} ha sobrepasado en distintas oportunidades las normas internacionales (OMS, 2005), y las normas nacionales impuestas por el Ministerio de Medio Ambiente (D.S. Nº 59). Esto principalmente es causado por el uso indiscriminado de leña en malas condiciones (ciudades de regiones), por las emisiones tóxicas de industrias y del transporte en nuestra capital nacional, así como lo relacionado con la minería, que ha afectado a varias ciudades de mediano tamaño en el norte.

Ideas como la de Stiglitz (1997), donde se establecía que en el largo plazo el desarrollo tecnológico permitiría suplir la carencia de recursos naturales ha ido en disminución, y la preservación de lo que hoy se conoce como recursos naturales se ha convertido en prioridad.

En la actualidad, el desarrollo sustentable ha tomado real importancia no sólo en el círculo económico, sino que además trasciende a la sociedad en su conjunto. De esta manera, la preservación del medio ambiente ha tomado protagonismo en la puesta en marcha de distintas políticas públicas para su preservación, como planes de descontaminación y multas sobre el daño ambiental a los privados. Sin embargo, evaluar la efectividad de los planes y políticas no resulta sencillo, por la naturaleza económica del medio ambiente: un bien público, carente de mercado, y por lo tanto, carente de un precio. Ante esto, evaluar si se debe invertir recursos en la mejoría de la calidad del aire, como lo han hecho muchos gobiernos en Latinoamérica, no es un trabajo sencillo.

El año 2009 se realizó la última Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN) con resultados disponibles, a cargo del Ministerio de Desarrollo Social y de la Universidad de Chile, donde 246.924 personas fueron entrevistadas a lo largo de todo Chile. Entre las preguntas, se incluyó la Percepción de la Salud que las personas tenían.

En base a la encuesta CASEN, se realizará un cruzamiento entre dichos datos y los niveles de contaminación, para entender el impacto que tiene la calidad de aire en zonas urbanas, con la percepción de la salud de sus pobladores, a fin de tener las herramientas estadísticas para valorizar la calidad del aire y a su vez, determinar la utilidad de los Programas de Descontaminación que se están implementando a lo largo de nuestro país. Para ello se aplicará un método novedoso de valoración ambiental, que está teniendo crecimiento relevante en los últimos años, pero con otras variables, por lo que en esta tesis se hará una adaptación para poder aprovechar los datos de la CASEN.

Nuestra hipótesis inicial es que la Percepción de la Salud tiene una relación negativa con los niveles de contaminación, y dicha relación es el principal instrumento para demostrar que el Plan de Descontaminación Atmosférico para Temuco y Padre las Casas es socialmente rentable, ya que la población de estas comunas valora económicamente más el aire limpio que la inversión realizada por el Estado y privados en el plan para el mejoramiento en su calidad.

Por otra parte, el objetivo general y los objetivos específicos son los siguientes:

- Objetivo General
 - Valorar Económicamente la calidad del aire en Temuco y Padre las casas, a través de la percepción del estado de salud de la población chilena.
- Objetivos Específicos
 - Conocer que variables explican la percepción de la salud en la sociedad.
 - Identificar el impacto de la contaminación del aire en la percepción de la salud de la población chilena
 - Valorar económicamente el metro cúbico de aire limpio, a través de la Tasa Marginal de Sustitución, y la Disposición a Pagar de la sociedad Chilena
 - Contrastar el nivel de utilidad marginal que entrega el Plan de Descontaminación Atmosférico en Temuco y Padre Las casas, con respecto a su inversión, evaluando su rentabilidad social

Estos objetivos, como será visto más adelante, serán logrados a través de la obtención de modelos econométricos de regresión lineal, el cual entregará las herramientas necesarias para obtener los resultados requeridos para la consecución de los objetivos.

Capítulo 2.

Marco Teórico

Durante el último tiempo la valorización del medio ambiente (y del aire como parte de éste) ha tomado relevancia en las investigaciones, las cuales son llevadas a cabo por distintas ramas de ecologistas y economistas, quienes buscan establecer metodologías que permitan evaluar los beneficios entregados por las políticas protectoras de los recursos naturales y del medio ambiente. Sin embargo, dichos investigadores han caído en tela de juicio, por intentar valorizar lo que algunos catalogan como poco racional, por “intentar poner un precio a la naturaleza”, sin entender el objetivo de la investigación.

La valorización de la calidad del aire no busca fines mercantilistas, para su posterior comercialización. Al contrario, busca que su valorización permita establecer prioridades y/o justificaciones para programas, políticas y acciones que protejan el medio ambiente y busquen maximizar el bienestar de las personas. Cuando se estiman grandes cantidades de dinero invertidas en dichos planes de mejoría de calidad ambiental, no se puede dejar de pensar en los costos de oportunidad que existen, y cuál sería la mejor manera para sustituir dichos planes por otros más efectivos (Cerdeira, 2003).

La valoración económica es una herramienta útil para los gobiernos y sectores interesados mediante la cual se pretende imputar valores monetarios y/o económicos a los recursos naturales y a los servicios ambientales. Dicha valoración permite lograr dos objetivos económicos que son prioridad en nuestro sistema actual: la eficiencia económica y el desarrollo sustentable. (Herruzo, 2002)

Respecto a lo que se estudiará en esta tesis, muchos estudios en Chile y en todo el mundo han encontrado que existe un daño en la salud de las personas debido a los altos niveles de MP10 y de otros contaminantes del aire. Por ejemplo, de acuerdo a Ostro *et al.* (1995) se ha comprobado que el material particulado PM10 tiene una correlación positiva con la mortalidad en Santiago de Chile, pues un aumento de 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de PM10 desde el promedio de 115- $\mu\text{g}/\text{m}^3$, corresponde a un aumento del 0,6% en la mortalidad. Por lo tanto, la valorización de la calidad del aire y de los planes de mejoramiento de éste es fundamental para su correcta elección y/o priorización, dado que reducir los daños en la salud implica costos que hay que comparar con los beneficios.

Por otra parte, en la ciudad de Temuco se han realizado diversos estudios referentes al impacto de la contaminación en la salud de las personas, como el de Sanhueza, *et al* (2007), donde a petición de CONAMA Araucanía, se determinó una relación entre la mortalidad y morbilidad, y la contaminación atmosférica, principalmente del MP_{10} . En este estudio se estableció que al aumentar el material particulado en 100 microgramos por metro cúbico de aire existe un riesgo entre 2% y 4 % de tener algún tipo de patología relacionada con la contaminación del aire. Si la dosis se aumenta a 200 microgramos, el riesgo se duplica. Como se puede ver, claramente existe una relación positiva.

En las comunas de Temuco y Padre las Casas, se ha comenzado a implementar un Plan de Descontaminación Atmosférico (PDA), el que consta de una inversión cercana a los US\$30 millones, que beneficiará a la población de dichas comunas en diferentes ámbitos. Pero a diferencia de otro tipo de proyectos, resulta complejo evaluar la efectividad, rentabilidad y/o utilidad del proyecto, por la naturaleza de los bienes y la inexistencia de un mercado acorde. Este proyecto se ha puesto la meta de reducir al año 2018 un 31% de MP_{10} con respecto al año 2004, esto es, tener un promedio anual de $34,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en nuestra comuna (CONAMA, 2007).

Vale mencionar que la norma primaria chilena exigida para material particulado MP_{10} Y $MP_{2.5}$ establece un máximo promedio anual de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente (Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, 1998), mientras que la norma propuesta por la OMS establecen un máximo de MP_{10} y $MP_{2.5}$ de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente (OMS, 2006). Estos datos fueron base teórica para establecer las metas establecidas en el PDA para Temuco y Padre las Casas.

Además es importante mencionar que las valorizaciones económicas no son el único método válido como juez o filtro de programas de cuidado ambiental, sino que son un complemento a distintos tipos de criterios fundamentales a la hora de evaluar dichos planes.

2.1 Aspectos de la Teoría Económica

Por otra parte, y en un sentido más subjetivo, la teoría económica plantea que las preferencias de consumo de la sociedad deben ser consideradas a la hora de elaborar propuestas de mejora ambiental.

En este sentido, se ahondará en lo que la teoría entiende por valor económico, sus distintas aristas y sus implicaciones en la valorización de la calidad del aire en nuestro país.

Lo primero que se debe comprender es sobre las implicaciones que tiene el bienestar social en las decisiones de las personas. Según Herruzo (2002), dicho bienestar es aquel que permite aumentar la calidad de vida individual y colectiva de la comunidad. Por tanto, se deduce que el bienestar social tiene una relación directa con las personas, y son éstas la que establecen la distribución y administración de los recursos disponibles para maximizar la satisfacción de ellas, lo que en el ámbito económico, se entiende como racionalidad. Por tanto, la observación de las conductas sociales debe ser una de las principales fuentes de extracción de información sobre los cambios en el bienestar de las personas, y a partir de esto, ver que elementos maximizan su satisfacción.

De forma clara, una manera para entender las preferencias personales es a través de la entrega o compensación por la modificación del bienestar (llámese Disposición a Pagar o Disposición a Aceptar, como se verá más adelante) (Cerdeira, 2003).

Sin embargo, es deseable establecer que la valoración vía el bienestar humano no es necesariamente la única manera de valorizar un bien ambiental. En este sentido, se puede establecer que muchos bienes cuentan con un valor en sí mismos y no en la preferencia humana: Un valor intrínseco. (Herruzo, 2002). Cabe hacer la diferencia que el valor económico versus el valor intrínseco es mucho más accesible a estudio, mientras que el segundo, no lo es.

La valoración económica del medio ambiente tiene su base en la idea utilitarista, donde se presenta una directa relación conceptual entre utilidad y bienestar, por lo que se entiende que a mayor nivel de este último, la valorización del bien o servicio estudiado será mayor (Cerdea, 2003). Por lo tanto, bajo esta perspectiva, el medio ambiente (y el aire como tal), tienen valor por cuanto le entregan beneficios a la sociedad.

Es por esto que los planes que sean ejecutados deben tener cierta utilidad social, mejorando relativamente el bienestar de la sociedad. Por ejemplo, no es lo mismo aumentar la atención médica por problemas respiratorios, que limpiar el aire de la ciudad; ambos entregan un bienestar a la sociedad, pero ambos tienen costos diferentes y seguramente utilidades diferentes: he ahí la importancia de evaluar la calidad del aire en contraste con los planes y políticas que se están ejecutando.

Para esto, es fundamental valorar económicamente la calidad del aire, dado que esto permitirá obtener dos elementos de suma importancia de los cuales algo ya se habían mencionado:

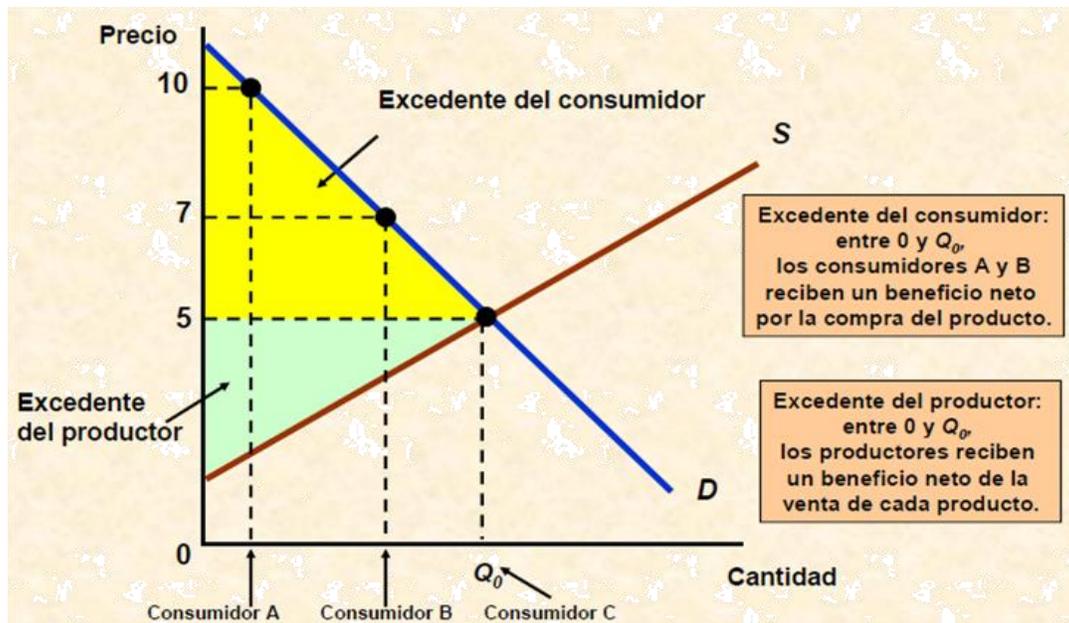
- Disposición a Pagar (DAP): Es la cantidad máxima de dinero que una persona está dispuesta a pagar antes de renunciar a un incremento en la cantidad de un bien o servicio.
- Disposición a Aceptar (DAA): Es la cantidad mínima de dinero que la persona está dispuesta a aceptar a modo de compensación por la renuncia a una mejora en su bienestar.

Si bien estas medidas son sumamente útiles para entender las preferencias y por ende la maximización del bienestar de la sociedad, se comete el error de asumir que el precio de mercado es el valor económico propiamente tal, cuando éste solo da el mínimo precio de la DAP. Por lo tanto, la microeconomía ha proveído una serie de medidas que permiten traducir las modificaciones del bienestar de una persona en unidades monetarias, haya sido producido por una transformación, degradación o mejora del medio ambiente. Por el lado de los consumidores, las medidas más empleadas son el excedente del consumidor, la variación compensadora (el deseo a pagar por acceder a una mejora

ambiental) y la variación equivalente (el deseo por no aceptar compensación por la misma mejora) (Herruzo, 2002). En el caso del productor se conoce que la medida más apropiada ante algún cambio en el bienestar, es justamente el excedente del productor. (Pindyck & Rubinfeld, 2009)

Entendiendo los conceptos anteriores, se reconoce que la disposición a pagar, que como se ha visualizado es una manera de medir las preferencias de las personas, está estrechamente relacionado con el excedente del consumidor (DAP es el punto inicial), el cual nace de la demanda del mercado. Según Pindyck & Rubinfeld (2009), el excedente del consumidor es el beneficio o valor total que reciben los consumidores por encima de lo que pagan por el bien. Mientras que el excedente del productor es el beneficio total o ingreso que reciben los productores por encima de los costos de la producción de este mismo bien. Se conoce además que la suma del excedente del consumidor y el excedente del productor representa el bienestar social. Esto se puede ver en el siguiente gráfico.

Esquema 1.1: *Excedentes Económicos*



Fuente: (Pindyck & Rubinfeld, 2009)

Ahora bien, se conoce que los mercados son un muy buen mecanismo para organizar la actividad económica, pero también se sabe de sus excepciones: Las fallas de mercado, donde éste no asigna eficientemente los recursos (Mankiw, 2002). Es importante denotar que la mayoría de los recursos naturales y de los servicios ambientales son un conjunto de activos que carecen de un mercado donde intercambiarse y por tanto carecen de precios. El aire propiamente tal (como otros elementos del medio ambiente), pertenecen al grupo de los bienes públicos, que frecuentemente produce externalidades, conocidas fallas de mercado. Ahora bien, el hecho de que ciertos bienes y servicios no tengan precios de mercado no implica que no tengan valor alguno, al contrario, muchas veces resultan ser muy valiosos. Por tanto, independiente del valor implícito que tengan, es fundamental asignarles un valor explícito (como ya se mencionó, sin fines comerciales), a fin de poder analizarlos y buscar su mejor uso. Para entender un poco la complejidad de la valorización de aire, se verán algunas fallas de mercados comunes en este mercado (Azqueta, 1999 y Mankiw, 2002):

a. Externalidades

Se conoce que se enfrentan las externalidades cuando cierta actividad sea pública o privada, repercute sobre el bienestar (para bien o para mal) de determinado grupo de la sociedad, sin que se le pueda asignar un precio a ese daño/beneficio. Existen varios ejemplos: ruidos (externalidad negativa), nueva tecnología (externalidad positiva), y obviamente, la contaminación del aire como un ejemplo de externalidad negativa bastante frecuente. Lo esencial radica en que quien genera una externalidad negativa (o positiva), no recibe ningún tipo de multa o castigo (o recompensa), por la actividad que realizó. Por tanto, se tiende a generar mucho daño (externalidad negativa) o poco beneficio (externalidad positiva). Se puede ver como frecuentemente el daño al medio ambiente se convierte en una externalidad que incluso la misma sociedad se provoca a sí misma, y a la cual no se le asigna un precio o costo.

b. *Tipos de Bienes*

Para estudiar los distintos bienes que existen en la economía, resulta útil agruparlos de acuerdo a dos características, y diferenciarlas claramente, se habla de si dicho bien es rival y/o es excluible. Para Mankiw (2002), un bien es excluible cuando es posible impedir que otra persona lo utilice, y es rival cuando su uso por parte de una persona reduce el uso por parte de otra persona. Estas dos características (y sus correspondientes mezclas), entregan 4 posibilidades de bienes que se resumirán en el siguiente cuadro.

Esquema 1.2: *Tipos de Bienes*

		¿SON RIVALES?	
		SI	NO
¿SON EXCLUIBLES?	SI	BIENES PRIVADOS <ul style="list-style-type: none"> • Helados • Ropa • Carreteras con peaje congestionadas 	MONOPOLIOS NATURALES <ul style="list-style-type: none"> • Protección contra incendios • TV por cable • Carreteras con peaje no Congestionadas
	NO	RECURSOS COMUNES <ul style="list-style-type: none"> • Peces • Medio ambiente • Carreteras Congestionadas sin peaje 	BIENES PUBLICOS <ul style="list-style-type: none"> • Defensa nacional • Conocimientos • Carreteras no Congestionadas sin peaje

Fuente: (Mankiw, 2002)

Si bien la lógica dice que los bienes ambientales, en especial algunos como el aire limpio, son bienes públicos en su total integridad (o por lo menos bienes libres, por su gran nivel de abundancia), hoy en día por la crisis ambiental esta premisa está en cuestionamiento. Se puede consensuar que sin lugar a duda nadie

puede ser excluido al momento de respirar, pero sí de la cantidad (o calidad) de aire que se respira: Es aquí donde se genera un debate no menor sobre no solo “la utilización” del aire limpio para sobrevivir, sino como afecta que una urbe conviva en determinado medio afectándolo y generando ciertas externalidades que imposibiliten un buen respirar diario: Como ejemplo, si una persona vive en un entorno rural, lejano de las ciudades y de industrias, cuenta con una buena calidad de aire, por su “poca” utilización y poca contaminación. Al poblarse su entorno, al aumentar la cantidad de vecinos que utilizan leña húmeda, tal vez junto a una pequeña industria que emite algunos gases tóxicos, la calidad de aire va disminuyendo. Así el aire limpio se convierte muchas veces, en un bien escaso. Por tanto, se establece que el aire limpio propiamente tal es un recurso común, que si bien no puede excluirse de su consumo, si puede existir rivalidad, por lo explicado anteriormente.

Sin embargo, que el aire sea un bien público o de muy fácil acceso, genera un problema de eficiencia a la hora que un privado responsable de emanaciones quiera ofrecer aire limpio, no será un negocio rentable, dado que no se puede excluir al que no desee pagar. Por otra parte, este esfuerzo beneficia a muchas personas a la vez, por lo que la voluntad de pago sería menor.

c. Mercados Incompletos

En nuestra sociedad el concepto de aire limpio se ha comenzado a entender y a evolucionar desde una definición de bien libre (sin necesidad de mercado) a un recurso común (bien económico con necesidad de intervención estatal), por lo que su mercado, su tratamiento y su valorización en nuestro país aún están en desarrollo. El principal problema de la situación descrita, es que la sociedad individualmente no establece cuanto estaría dispuesto a pagar porque alguien, por ejemplo, pudiese limpiar el aire de su casa, o de su barrio. Sencillamente no se trata ni de una sobrevaloración ni subvaloración del aire limpio, sino que no se conoce ni existe un acuerdo mancomunado a nivel sociocultural, de cuánto vale el

metro cúbico de aire limpio, por tanto, el sector privado no invertirá en un proceso en el cual no tienen utilidades claras, por la complejidad del bien a intervenir. Por tanto, siempre que el sector privado no suministre un bien o un servicio cuando el costo de hacerlo estaría por debajo del precio (o en este caso a un precio desconocido) que estarían dispuestos a pagar los consumidores, existe un mercado incompleto. (Guerra-García, 1997)

d. Información Imperfecta

Por otra parte, se tiene el problema de la información imperfecta, donde, a causa de lo anterior la sociedad no sabe cuánto realmente vale el aire limpio, ni los órganos competentes saben fehacientemente la utilidad que les dará las inversiones para su mejoramiento. Por ejemplo, si se tuviera que hacer una reforma tributaria para aumentar la calidad de aire en nuestras urbanidades (simulando cierto “precio”), la sociedad no tendría claridad de cuánto es lo justo y cuánto no lo es. Es por eso que es fundamental que todo el proceso de mejoramiento ambiental esté en manos del estado y no de organismos privados que podrían lucrar en este proceso. Por otra parte, se debe considerar que la población en términos sociales no tiene información adecuada sobre el daño que generan a corto y largo plazo cuando provocan algún tipo de contaminación, ni tampoco cuando se exponen a esa contaminación.

e. El problema de los Derechos de Propiedad

Por último, se entiende que los productores y consumidores utilizan los recursos (sean ambientales o no), dependiendo de los derechos de propiedad que rigen sobre ellos. En economía, el derecho de propiedad se refiere a un conjunto de derechos, privilegios y limitaciones para el uso del recurso que definen el comportamiento del propietario en relación a dicho bien (Tietenberg & Lewis, 2012). Existen 3 propiedades básicas para establecer que se posee los derechos de propiedad de un bien: La exclusividad, la transferibilidad y la exigibilidad. Cuando

estas tres propiedades están presentes, existe un incentivo a la búsqueda de la eficiencia y a la protección del bien. En el caso del aire limpio, los costos y utilidades (exclusividad), la capacidad para transferir los derechos (transferibilidad) y el deber de protección de ataques involuntarios o invasivos (exigibilidad) no están presentes en una persona natural ni jurídica, por lo que los incentivos para buscar su mejor utilización, son inexistentes, por lo menos desde el punto de vista económico.

Finalmente, se concluye un hecho económico no menor: la imposibilidad de poder excluir, cobrar o restringir el consumo, su ausencia de propiedad y las fallas de mercado mencionadas, convierte al aire en un bien potencialmente sobre explotado, sin precio, sin costo y con un mercado débil y por ende, sumamente dañado (Azqueta, 1999).

Según Cerda (2003), la teoría de valoración económica está basada, como se mencionó, en las preferencias y elecciones de los consumidores en relación a determinado bien o recurso. Por lo tanto, es importante destacar que la valoración económica no pretende valorar la vida ni al medio ambiente, simplemente se trata de valorar las preferencias y/o el bienestar de las personas ante cambios en las condiciones del ambiente.

Estos dos tópicos son fundamentales para entender posteriormente las distintas metodologías existentes en la valoración de bienes.

2.2 Métodos de Valorización

Como es posible ver, valorizar la calidad del aire no resulta una tarea sencilla: sus características previamente analizadas lo convierten en un desafío. Los métodos que se comentarán a continuación presentan diferentes alternativas para lograr estimar los beneficios de los bienes y servicios ambientales, pero cada uno cuenta con deficiencias, dada las limitaciones naturales en su aplicación. Vale mencionar que existen diversas maneras de valorizar la calidad del aire, clasificadas principalmente en dos tipos: preferencias declarada (pregunta directa al individuo) y preferencias reveladas (valorización indirecta del bien) (Cerdea *et al*, 2010). Sin embargo, hay otros métodos que no caben en esta clasificación, que son aquellos que no tienen relación directa con las preferencias de la sociedad, sino con mercados, costos y/o daños. Previa su explicación, se hará mención de su categorización.

- Preferencia Revelada
 - Método de Precios Hedónicos
 - Precio de Costo de Viaje
 - Método basado en Percepción del Bienestar
- Preferencia Declarada
 - Método de Valoración Contingente
- Otros Métodos
 - Método de Precio de Mercado y Productividad
 - Método de Daño Evitado y Costo de Reemplazo
 - Método de Transferencia de Beneficios Estimados
 - Método de Función de Daño.

Particularmente, existen autores (Azqueta, 1999, Cerda, 2003 y Cifuentes *et al* 2004) y organizaciones mundiales (Ecosystem Valuation Organization, 2011), que se han dedicado a establecer descripciones sobre estos métodos, como se verá a continuación.

a) Método de Precio de Mercado y Productividad.

Este método está basado en la valorización de bienes o servicios ambientales, sean para la comercialización o sean utilizados como insumos para la producción de otro bien, los cuales deben tener un mercado establecido. Al existir un cambio en la cantidad o calidad del bien o servicio ofrecido, existe un impacto en la demanda y oferta en el mercado dado. Un claro ejemplo es la contaminación de un río o lago donde habitualmente existe la pesca comercial, y que por lo tanto debe ser purificado. La mejor manera para evaluar su rentabilidad, es medir el cambio en el excedente económico (suma de excedente del consumidor y excedente del productor) antes y después de la contaminación, en contraste con el costo de la inversión. Lo clave aquí es que dentro del ecosistema estudiado tienen que haber ciertos bienes o servicios que posean un mercado establecido, donde se puedan estudiar los costos de producción, la demanda y la oferta, y posteriormente los excedentes. (Ecosystem Valuation Organization, 2011)

Vale mencionar que este método es muy práctico y fácil de ocupar, dado que los requerimientos que tiene no son mayores, y que al tratarse de valoración de productos y no de recursos naturales, los valores son mucho más definidos, y fáciles de obtener.

Sin embargo, los datos del mercado sólo están disponibles para un número limitado de bienes y servicios proporcionados por un recurso natural y puede no reflejar el valor de todos los usos productivos de un recurso, por lo tanto, la valorización no es del todo precisa. Con respecto a la problemática sobre la valorización del aire, se puede establecer fehacientemente que un método con estos requerimientos no puede ser útil para el estudio, dado que el bien ambiental analizado no cuenta con bienes o servicios comercializables a gran escala, por lo que su aplicación queda descartada.

b) El Costo del Daño Evitado, de Reemplazo y Métodos Alternativos

Este método se fundamenta en estimar los valores económicos basados en los costos de daños evitados resultantes de servicios de los ecosistemas perdidos, costos de sustituir los servicios de los ecosistemas, o los costos de la prestación de servicios de sustitución. Este método no se basa en la valoración directa de los bienes ambientales, al contrario, supone el costo de su sustitución. Esto se basa en el supuesto de que, si las personas incurren en costos para evitar daños causados por los servicios de los ecosistemas perdidos, o para reemplazar los servicios de los ecosistemas, a continuación, los servicios deben valer por lo menos lo que la gente paga para reemplazarlos.

Algunos ejemplos de los casos en que estos métodos pueden ser aplicados incluyen la valoración de calidad del agua mediante la medición del costo de control de las emisiones de efluentes o la valoración de los servicios de purificación de agua de un humedal mediante la medición del costo de filtrado y tratamiento químico del agua.

Estos métodos pueden proporcionar un indicador aproximado del valor económico, sujeto a restricciones de datos y el grado de similitud o sustitución entre los bienes relacionados. Sin embargo, ciertas premisas pueden ser cuestionadas. Por ejemplo, la supuesta relación directa entre costos y beneficios, que no siempre se aplica. Además, el método de costo de reemplazo requiere información sobre el grado de sustitución entre el bien y el mercado de los recursos naturales. Pocos recursos del medio ambiente tienen estos sustitutos, sean directos o indirectos. El hecho de que un servicio ambiental se elimina, no entrega ninguna garantía de que el público estaría dispuesto a pagar por la alternativa de menor costo identificados por el mero hecho que proporcionaría el nivel de los mismos beneficios que ese servicio.

A partir de esto, se establece que este método no puede ser aplicado en la valoración de aire, dado que en primer lugar es difícil cuantificar el daño causado por la mala calidad de aire (ocupándose el método de función de daño, puede ser una opción, por lo que el método no podría aplicarse por sí solo), y que en segundo lugar el aire como bien ambiental, no tiene sustitutos, haciendo imposible su comparación.

c) Método de Precios Hedónicos

Este método está basado en la valorización a través de estimaciones de valores económicos para el ecosistema o los servicios ambientales que afectan directamente los precios de mercado de algún otro bien (a diferencia de los dos métodos anteriores que evalúan el precio en el cual el recurso natural es un bien intermedio, o un bien final). Por lo general se aplica a las variaciones de precios de la vivienda que reflejan el valor de los atributos ambientales locales. En ocasiones también se aplica a la variación de los salarios. A través de este método se reconoce que cada una de las características de los bienes y servicios tiene su importancia y valor propio. Por ejemplo, al adquirir un automóvil, no solo se elige por su tamaño, sino que por su comodidad, lujo, economía de combustible, entre otras características, y estas características se contrastan con su precio total. Ahora bien, de esto se deduce que inherentemente se ha valorizado cada característica del automóvil, y que se evalúa si dichas características entregan la utilidad requerida.

Situación similar ocurre en el caso de las viviendas. Al momento de adquirir una casa se evalúa su tamaño, su condición de fabricación, el entorno social donde se encuentra, las áreas verdes cercanas, e incluso la calidad de aire del lugar. Cada característica tiene un valor indirecto (revelada) para el comprador, inclusive el aire que respira.

Este método es aplicado normalmente a través de la econometría, donde el precio de una vivienda o los salarios de una ciudad son la variable dependiente, y dentro de las variables independientes se encuentra el nivel de contaminación de determinado recurso natural, entre otras. Por ejemplo, se parte de la hipótesis que las personas eligen su lugar de residencia, entre otras cosas, por la calidad del aire del barrio (o lo que es lo mismo, su nivel de contaminación). Para comprobar esto, se realiza la regresión múltiple y se verifica si esto es real, y en qué cuantía es real.

Se puede utilizar para estimar los beneficios económicos o costos asociados con:

- Calidad del medio ambiente, incluida la contaminación atmosférica, contaminación del agua, o el ruido en determinado lugar.
- Servicios ambientales, tales como puntos de vista estéticos o la proximidad a lugares de esparcimiento.

Lo positivo es que este método no necesita de encuestas, sino es basado en valores reales basados en las opciones de compra de la sociedad. Por otra parte, los mercados inmobiliarios son relativamente eficientes en la respuesta a la información, convirtiéndose en buenos indicadores de valor, teniendo todas las fuentes de comercialización disponibles para la obtención de información. Sin embargo, existen algunas deficiencias de este modelo que deben ser consideradas. Dado que la valoración por precios hedónicos parte de algunas premisas del equilibrio general walrasiano, presenta algunos cuestionamientos no menores, como por ejemplo que se considere que existe un sistema completo y funcional de mercados presentes, futuros y contingentes, con lo cual el futuro se toma como traído al presente y se elimina la posibilidad de incertidumbre, o que los agentes poseen dotaciones de bienes y son propietarios de cuotas sobre la masa de los beneficios de las empresas y su única interacción es por medio de los precios (Rueda L., 2009), cuando en realidad existe una alta probabilidad de autocorrelación con otras variables y el sistema de precios no es la única manera de establecer preferencias dentro de sus decisiones. Además se considera que no existen trabas para la movilidad de los individuos a la hora de mudarse a un mejor sector, y que la información disponible no sea la suficiente como para tomar una decisión de mudanza (Frey, Luechinger, & Stutzer, 2009). Por ejemplo, un lugar con óptimas condiciones ambientales normalmente se traduce en altos precios de vivienda, pero no solo por el tema ambiental, sino por la prestigiosa zona donde se ubica, o el grupo social que interactúa en el entorno. Es por esto, que se puede confundir la preocupación y/o valoración de la calidad ambiental, con otras variables. Además, el método supone que la gente tiene la

oportunidad de seleccionar la combinación de características de su preferencia, teniendo en cuenta sus ingresos. Sin embargo, el mercado inmobiliario puede ser afectado por influencias externas, como los impuestos, tasas de interés u otros factores.

Como es posible ver, si bien este método es bastante completo y la información existente permite alcanzar algunas conclusiones, su margen de error es alto en nuestra ciudad, sobre todo por tópicos como la desinformación sobre la calidad de aire en distintos lugares, que no permite a la gente tomar las mejores elecciones sobre mudanzas, lo que produce que en el valor de las viviendas no se vea del todo reflejado el diferencial monetario por una mejora en la calidad del aire.

d) Método de Costo de Viaje

Este método se basa en la estimación de los valores económicos de los sitios o ecosistemas que se utilizan para la recreación. Se asume, que la cantidad de recursos que las personas están dispuestas a pagar para viajar a visitar dicho sitio refleja el valor del lugar.

La premisa básica es que todo costo que se asume en visitar cierto espacio de recreación con ciertas condiciones ambientales (belleza, pureza de aire, etc.), se puede asumir como un costo, precio o valorización al acceso del sitio. (Herruzo, 2002)

El método de costo de viaje por zonas se aplica mediante la recopilación de información sobre el número de visitas al sitio desde diferentes distancias. Debido a que los gastos de viaje y el tiempo aumentarán con la distancia, esta información permite al investigador calcular el número de visitas adquiridas a distintos costos/precios. Esta información es utilizada para construir la función de demanda para el sitio, y estimar el excedente del consumidor, o beneficios económicos, por los servicios recreativos del sitio. Dicha función se logra por regresiones estadísticas, que incluyen la cantidad de viajes, la distancia y el costo de recursos para lograrlos.

Posterior a esto, se estima el excedente del consumidor (dado que ya se tiene la función de demanda) y se logra un valor económico estimado del lugar.

Lo bueno de este método es que basa en el comportamiento real (preferencia revelada), en vez de entregar información sobre lo que la gente dice que haría en una situación hipotética. Por otra parte, el método es relativamente barato de aplicar y sencillo de interpretar.

Sin embargo, el modelo parte de numerosas premisas que son bastante cuestionables. Por ejemplo, asume que las elasticidades de las entradas y de los costos de viaje son las mismas. Además, no estima cuando los viajes estudiados son realizados con fines adicionales que un simple paseo. Por otra parte, la disponibilidad de sitios sustitutos afectará a los valores. Por ejemplo, si dos personas viajan a la misma distancia, se supone que tienen el mismo valor. Sin embargo, si una persona tiene varios sustitutos disponibles, pero viaja a este sitio porque se prefiere, el valor de esta persona es en realidad mayor. Aquellos que valoran ciertos sitios pueden optar por vivir cerca. Si este es el caso, tendrán bajos costos de viajes, pero los valores altos para el sitio que no son capturados por el método.

En el caso de la valoración de aire en Temuco y Padre las Casas, este método no es funcional, dado que el método se utiliza para valorar solo el aire limpio, a través del costo para acceder a él, y por tanto los pobladores no viajan a su misma ciudad por una mejora en la calidad de aire, donde por lo contrario, en Temuco y Padre las Casas el aire es de baja calidad, por lo que su aplicación carece de sentido.

e) Método de Valoración Contingente

Este método de preferencia declarada, fundamentalmente pide a la gente expresar directamente su voluntad de pago por servicios ambientales específicos, con base en un escenario hipotético relacionado con el medio ambiente. Este método consulta directamente a la sociedad sobre cuanto estarían dispuestos a pagar, o cuanto aceptarían como compensación por no gozar por algún bien o servicio de índole ambiental. Se llama "contingente" de valoración, porque las personas que declaren su voluntad de pagar, lo harán en base a la situación contingente que se presente, en un escenario hipotético específico y con una descripción específica del servicio del medio ambiente.

Sin embargo, el hecho de que el método de valoración contingente se basa en preguntas de las personas, en comparación con la observación de su comportamiento real, es la fuente de una enorme controversia. Los problemas conceptuales, empíricos y prácticos relacionados con el desarrollo de estimaciones de valor económico sobre la base de cómo las personas responden a las preguntas hipotéticas sobre situaciones hipotéticas de mercado se debaten constantemente en la literatura económica. Este método es sumamente flexible, dado que las encuestas pueden ser adaptadas para evaluar cualquier tipo de bien.

Sin embargo, aunque el método de valoración contingente ha sido ampliamente utilizado en las últimas décadas, existe una considerable controversia sobre si se mide adecuadamente la voluntad de las personas a pagar por la calidad del medio ambiente. Se trata principalmente de qué tan sincera es la gente al valorar determinados bienes, su nivel de conciencia y su permanencia en dicha opinión (este es el principal problema de la valoración vía preferencia declarada). Por otra parte, es altamente fundamental la formulación de las preguntas y su estandarización, para que las respuestas puedan ser agrupadas y estudiadas. El riesgo mayor de este método es que los encuestados pueden manipular o sesgar sus respuestas para que la compensación por la baja calidad del aire, por ejemplo, sea alta, o que algún potencial ajuste tributario para el mejoramiento ambiental sea el menor posible (DAP y DAA) (Frey, Luechinger, & Stutzer, 2009). Como se puede ver, ocupar este método puede tener ciertas ventajas operativas, por su sencilla aplicación, pero los resultados no son necesariamente lo suficiente objetivos como son requeridos.

Por último, vale mencionar que existe un método alternativo muy similar al de valoración contingente, llamado Elección Contingente, que al igual que a su antecesor, se trata de un método de preferencia revelada, pero se diferencia de la valoración contingente en que no trata directamente de pedir a la gente a expresar sus valores en términos monetarios, en cambio, los valores se deducen de las opciones hipotéticas. Aun así, estos métodos cuentan con similares fortalezas.

f) Método de Transferencia de Beneficios Estimados

Este método busca valorizar bienes o servicios ambientales a través de la transferencia de datos o estudios realizados en zonas o contextos similares. Por lo tanto, el objetivo básico de la transferencia de beneficios es el de estimar los beneficios de un contexto mediante la adaptación de una estimación de los beneficios de algún otro contexto. La transferencia de beneficios se utiliza a menudo cuando ya es demasiado caro y/o hay muy poco tiempo disponible para realizar un estudio de valoración original.

La lógica dice que si bien este método es fácil de aplicar, barato y rápido, cuenta con muchas deficiencias, sobre todo por su poca versatilidad: es prácticamente imposible encontrar un sitio o contexto particularmente igual (o ampliamente similar) como para suponer que los resultados serán igual de acertados, sobre todo con las condiciones de aire como en nuestra ciudad.

g) Método de Función de Daño

Cuando éste método es referido, normalmente se hace mención a una secuencia de dos o más métodos relacionados, dada su complejidad. Primero se realiza un estudio donde se efectúa un vínculo entre los cambios en los grados de contaminación y los efectos nocivos en la salud de las personas (morbilidad y mortalidad). Estos modelos son conocidos como funciones dosis-respuesta o concentración-respuesta. Estos estudios son frecuentemente modelos estadísticos con bases epidemiológicas, de corte transversal o de series de tiempo, donde se trata principalmente la muerte prematura o la morbilidad causada por ciertos determinantes de contaminación, dependiendo el recurso natural que se esté evaluando. (Cifuentes *et al*, 2004)

En lo referente a la función dosis-respuesta con respecto a la valorización del aire limpio, se evalúan las siguientes enfermedades, buscando una relación (expresada en un coeficiente) con alguna situación ambiental de contaminación.

Esquema 2.1: *Evaluación de Enfermedades para Método Función de Daño*

Efectos Cuantificables	Efectos No Cuantificables
Mortalidad (adultos mayores)	Inducción de asma
Mortalidad (infantil)	Efectos de desarrollo fetales / neonatales
Mortalidad neonatal	Mayor sensibilidad de vías respiratorias
Bronquitis – crónica y aguda	Enfermedades respiratorias crónicas no bronquitis
Ataques de asma	Cáncer
Admisiones hospitalarias respiratorias	Cáncer pulmonar
Admisiones hospitalarias cardiovasculares	Efectos conductuales (Ej., dificultades de aprendizaje)
Visitas a sala de urgencia	Desordenes neurológicos
Enfermedades respiratorias inferiores	Exacerbación de alergias
Enfermedades respiratorias superiores	Alteración de mecanismos de defensa
Síntomas respiratorios	Daño a células respiratorias
Días de ausentismo laboral	Menor tiempo de desarrollo de angina
Días con actividad restringida	Cambios morfológicos en el pulmón
	Arritmia cardiovascular

Fuente: Cifuentes , et al. (2004). *Valoración económica y ambiental aplicada a casos del manejo de la Calidad del Aire y Control de la Contaminación*. BID.

El final de la secuencia de modelos es aquel que tiene relación con la valoración económica propiamente tal, cuantificando monetariamente los cambios en los efectos de la salud, a través de DAA o DAP, conceptos que ya se ha visto en este capítulo.

Este método ha sido ampliamente aplicado en diferentes ciudades y países, donde se pudo encontrar a Estados Unidos, México, la Unión Europea, e incluso nuestro país en diferentes años, por lo que es uno de los métodos con mayor precisión y aceptabilidad para valorizar el aire de nuestra ciudad, como el realizado por la Universidad Católica de Chile, valorizando y evaluando el impacto de la contaminación en la salud de las personas en distintas ciudades de Latinoamérica (Cifuentes L. , 2007).

2.3 Método basado en Percepción de Bienestar

En los últimos años, han aparecido algunos métodos de valoración económica del ambiente basados en la preferencia revelada de la sociedad, específicamente en estudios sobre la percepción de la salud o de la felicidad de las personas.

Se conoce que la calidad del medio ambiente es un determinante importante en el bienestar de las personas y una temática importante en las políticas públicas, y si se habla del bienestar del individuo, cabe hacer la pregunta ¿Cómo los individuos valoran los efectos sobre el medio ambiente? (Frey *et al.*, 2009). Es así como se reconoce que la sociedad valoriza estos bienes de manera subjetiva, como con cada bien o servicio del mercado. Por tanto, resulta lógico que se busquen ciertos proxies que entreguen información sobre dicha valoración, y en este sentido, el bienestar percibido es una de las maneras más efectivas de vincular el valor económico con la calidad del aire. Por tanto, el enfoque de satisfacción de vida (Life Satisfaction Approach, LSA), que realiza un vínculo entre la revelación subjetiva de la sociedad, y la valoración del medio ambiente, se convierte en un modelo lo suficientemente interesante para aplicarlo, considerando que es mucho más reciente que el método de los precios hedónicos o la valoración contingente. Estos modelos basan el bienestar en el concepto inicial de la utilidad, no necesariamente relacionado en términos monetarios o financieros, sino que en términos de placer y de satisfacción. (Frey, Luechinger, & Stutzer, 2009)

En los últimos años, han aparecido algunos métodos de valoración económica del ambiente basados en la preferencia revelada de la sociedad, específicamente en estudios sobre la percepción de la salud o de la felicidad de las personas.

A partir de esto, existe un enfoque de la satisfacción de vida por parte de la sociedad, donde subjetivamente, la sociedad revela su percepción con respecto a ciertos tópicos que tienen relación con su bienestar, y a su vez, con ciertas variables medioambientales como la contaminación, y no necesariamente ocupa estrategias para su beneficio, o desconoce las respuestas ante un mercado extraño para ellos (mercado ambiental), sino responden fehacientemente una situación personal y familiar: su percepción con respecto al bienestar, dado que carecen de un sesgo al responder, por el desconocimiento sobre la utilización final de la información, propio de una encuesta general como la CASEN.

Una de las grandes ventajas de este método es que no necesita dentro de su data ciertas conexiones con bienes comerciables, utilizando solo la percepción de la gente (sea salud o felicidad) y los niveles de contaminación, entre otras variables de control, siendo un método bastante eficaz y sin restricciones en estos términos. Por ejemplo, Welsch (2002), utilizando datos de corte transversal para 54 países, identifica un efecto negativo de la contaminación del aire urbano (en términos de concentración de dióxido de nitrógeno) en la percepción de bienestar de vida, que se traduce en un precio marginal de las emisiones de 0,07 dólares por tonelada. En un estudio más reciente, Welsch (2006) encuentra un valor monetario considerable asociado con mejoras en la calidad del aire en Europa en 1990/97 (\$ 750 per cápita al año de dióxido de nitrógeno y \$ 1400 por habitante y año para el plomo, en promedio). Frey et al. (2004) encuentran que la disposición a pagar por una reducción del terrorismo en Francia y el Reino Unido a las tasas que prevalecen en las zonas más tranquilas de cada país es de aproximadamente 14% de los ingresos anuales del hogar en París, el 32% en Londres, y el 41% en Belfast. En otro estudio, Luechinger (2009) estima que la disposición a pagar por una mejora marginal en las concentraciones de dióxido de azufre en Alemania oscila entre € 183 y € 313 por persona por año. (Datos de estudio obtenidos de Ferreira y Moro, (2009)). Vale mencionar que el proceso de monetización (el proceso que parte de un modelo de regresión y que concluye con el valor monetario de la disposición a pagar), se verá más adelante.

En nuestro país, existen encuestas de caracterización social como la encuesta CASEN, donde un amplio número de habitantes declaran su percepción sobre su calidad de vida, salud, y estado de bienestar. Se ha comprobado en diferentes estudios (los cuales se ejemplificarán más adelante) que la percepción del bienestar en ciertas ocasiones tiene una relación directa con los niveles de contaminación de determinados bienes en distintas ciudades. (Cerdeira et al, 2010)

Para algunos autores, estos métodos, utilizando los datos anteriormente mencionados, generan un modelo integrando otras variables de interés social, y de

contaminación, entregando un modelo de regresión múltiple, lo que podría ser algo similar a lo siguiente:

$$PerBienestar = \alpha * Ing + \beta * Edad + \gamma * Sexo + \delta * Ciudad + \dots + \mu * Cont + \varepsilon$$

Donde la percepción del bienestar (sea felicidad, salud, etc.) es la variable dependiente, y es explicada por distintas variables de control, como por ejemplo, el ingreso, la edad, el sexo, algunas variables ambientales como la temperatura, el estado civil, la ciudad, e incluso, la contaminación o calidad de los bienes ambientales por los cuales son impactados. Con un modelo estadísticamente significativo, se podrá contrastar el daño ambiental causado con el ingreso, vía la tasa marginal de sustitución su relación con la disposición a pagar (Levinson, 2009), lo que permitirá realizar una valorización de la calidad ambiental en base a la percepción de la sociedad.

Lo positivo de este método es que la información es de fácil acceso, y bastante abundante (referente a la cantidad de encuestados), y el modelo en su esencia es bastante adecuado para detectar y valorar el bienestar de la sociedad a causa de los servicios ambientales.

Vale mencionar que la forma funcional de la variable dependiente es de suma importancia para su interpretación y análisis posterior al modelo. Como se verá en los estudios referentes (pág. 49), los autores han utilizado variables donde la Satisfacción de Vida o la Felicidad son categorizadas en diferentes escalas (del 1 al 7, del 1 al 10, del 1 al 3), donde el número más bajo representa el “peor” estado, y el número más alto el “mejor” estado (más satisfecho, más feliz, etc.). (Frey, Luechinger, & Stutzer, 2009) (Welsch, 2003) (Levinson, 2009) (Chevalier & Giovanis, 2010). Sin embargo, dichos autores han optado por la cardinalidad del modelo, **dejando de lado la posibilidad de ocupar un modelo provit o logic**, y basando su estudio en la utilización del método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), evaluando las elasticidades entre el coeficiente de cada variable independiente con la explicada, para su posterior análisis de monetización, como se verá a continuación.

Si bien este modelo en términos generales es óptimo para el estudio de la valorización de la calidad del aire, se debe considerar que tiene algunas deficiencias. En primer lugar, este método solo considera a los vivos. Si bien esta puede ser una premisa obvia, genera una importante diferencia en el campo de estudio, dado que no analiza el impacto de la mortalidad como factor fundamental de la salud de las personas, por tanto, la variable no es del todo completa.

Por otra parte, vale mencionar que los coeficientes de este modelo (y de algunos métodos más) son fundamentales para su fin último, la valorización. Es por esto que el correcto cálculo de los coeficientes es fundamental, porque ante pequeños cambios en los coeficientes, la monetización del modelo puede variar considerablemente. Si bien esto no es una falla propiamente tal, consiste en un riesgo no menor al momento de valorizar la calidad del aire.

Monetización de este modelo

En distintas experiencias de muchos autores se han realizado modelos econométricos que establecen relaciones y elasticidades entre variables personales y

variables ambientales. Si bien estas relaciones son muy útiles para comprender la importancia de la calidad del aire en la sociedad, no siempre se establece valores monetarios (Disposición a Pagar) por parte de los individuos estudiados.

Sin embargo, los trabajos de Welsch (2003), Levinson (2009) y Frey *et al.* (2009) han sido un aporte fundamental para la presente tesis, entregando la metodología apropiada para la valoración de los bienes ambientales. En esta línea, en conjunto con otros autores, ellos han establecido las variables fundamentales o básicas para este tipo de regresiones, dado que algunas se repiten en la mayoría de los casos, y las cuales serán profundizadas más adelante en la descripción del modelo. Sin embargo, por el momento es prioritario saber que la variable independiente **Ingreso** es fundamental para todos los modelos de valoración económica de este tipo (LSA y similares), dado que su coeficiente es utilizado para calcular la Disposición a Pagar (DAP). Vale mencionar además que dicha variable en la literatura tiene forma funcional logarítmica, para ajustar las divergentes escalas en comparación con la variable dependiente, dado que existe una alta dispersión en los datos sobre el Ingreso, y al convertir dicha variable en logaritmo, provoca que esas diferencias se atenúen y los coeficientes que se obtengan puedan ser más significativos.

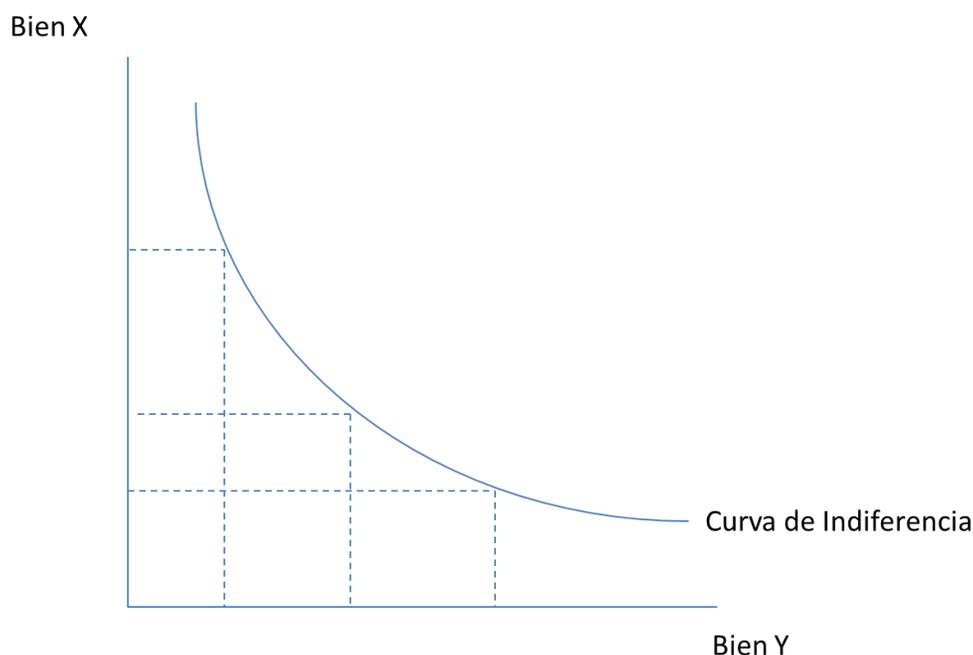
Antes de ahondar en la valoración y utilización de los coeficientes, se debe entender algunos conceptos Microeconómicos, que permitirán comprender la relación existente entre los coeficientes y la disposición a pagar.

Para esto, primero se debe ahondar en el concepto de Tasa Marginal de Sustitución, propio de la Teoría del Consumidor.

En la elección de consumo del individuo se conocen dos importantes elementos: La restricción presupuestaria, que es la recta que muestra las opciones o límites que un individuo tiene para consumir entre un grupo de bienes, y las Curvas de Indiferencia, que representan las preferencias del consumidor. La intersección de ambas simboliza el óptimo del consumidor (Mankiw, 2002)

Ahora bien, como se mencionó, la curva de indiferencia entrega los mismos niveles de utilidad ante diferentes combinaciones de consumo, en diferentes puntos, como se puede ver en el siguiente gráfico.

Gráfico 2.2: *Curva de Indiferencia Básica*



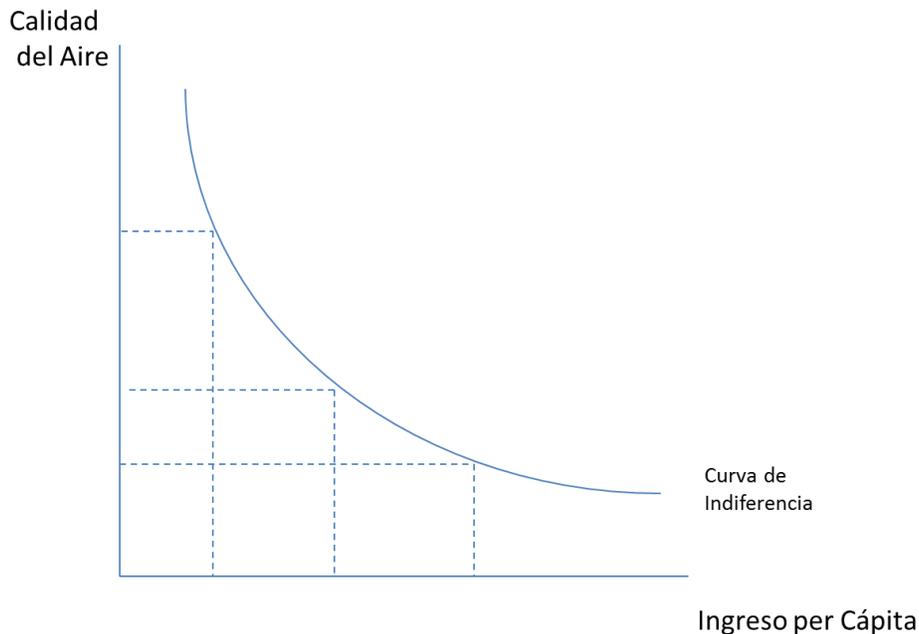
Fuente: Elaboración Propia.

Vale mencionar que la forma de la curva de indiferencia es explicada por la dinámica que existe en las preferencias del consumo: La convexidad es causada por la diferente valoración que se le da a cada bien dependiendo el nivel de consumo que se tenga de ellos, básicamente se trata de que se valora más un bien cuanto más escaso es. Por ejemplo, cuando se dispone abundantemente del bien X, se está dispuesto a prescindir cierta cantidad de él, por una menor cantidad del bien Y, para mantener el mismo nivel de utilidad. Sin embargo, cuando se debe renunciar a un bien el cual es escaso, solo se mantendrá el nivel de utilidad si cada unidad a la que se renuncia se compensa con cantidades crecientes del otro bien. (Palgrave Macmillan, 2012)

Por otra parte, la pendiente en un punto cualquiera de la curva de indiferencia es igual a la relación a la que el consumidor está dispuesto a sustituir un bien por otro. (Mankiw, 2002). Esta relación lleva por nombre Tasa Marginal de Sustitución (TMS). Esta tasa será la que se ocupará para calcular posteriormente la Disposición a pagar, dado que entrega una relación compensatoria, dependiente del consumo actual, lo que es aplicable a la relación entre los bienes ambientales y las variables personales, como la contaminación, la calidad del aire o el ingreso.

Por lo tanto, se puede ver ciertas relaciones entre variables/bienes de nuestro interés. Se ejemplificará dos casos comunes, donde se verán las curvas de indiferencia, la TMS, y su interpretación.

Gráfico 2.3: *Curva de Indiferencia entre Calidad del Aire e Ingreso per Cápita*



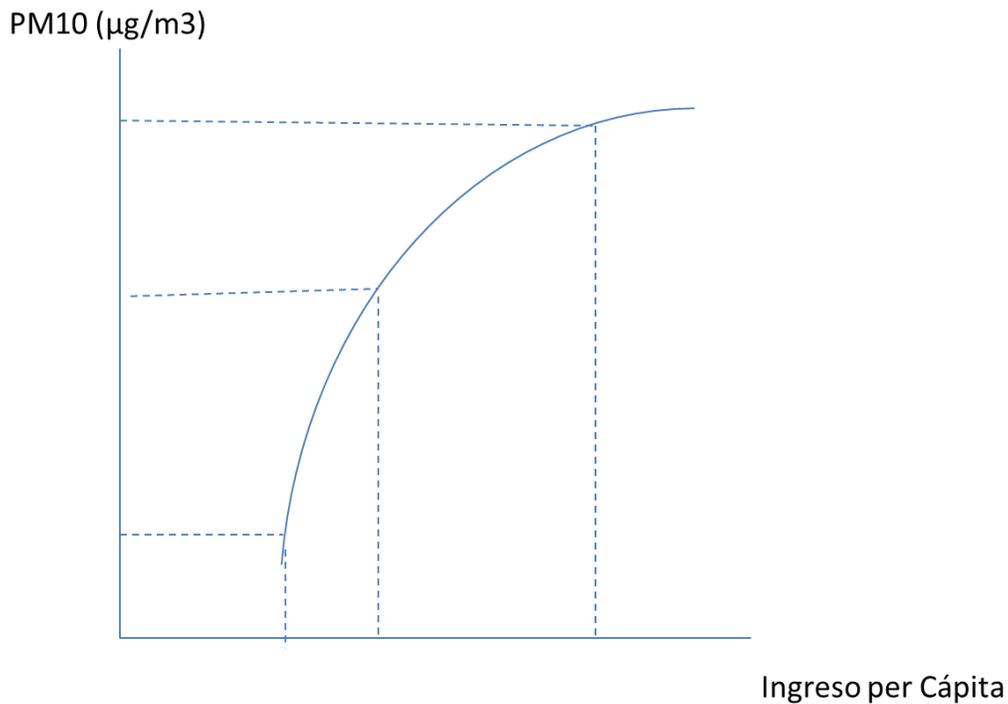
Fuente: Elaboración Propia

Como se puede ver, existe un trade-off, una compensación entre el ingreso per cápita y la Calidad del aire. A medida que el aire va mejorando, el ingreso que estoy dispuesto a ceder por mejorar la calidad del aire en una unidad adicional va aumentando, para mantener el mismo nivel de utilidad; y en el caso contrario, cuando la calidad del aire

va disminuyendo, la compensación por esta pérdida de calidad en términos monetarios va aumentando también crecientemente. Por lo tanto, dependiendo del estado de calidad del aire, existirá una pendiente (TMS), y un nivel de ingreso que se está dispuesto a pagar por mejorarlo.

Por otra parte, cuando se quiere evaluar la relación del ingreso con el Material Particulado MP_{10} , la relación que se genera es otra.

Gráfico 2.3: Curva de Indiferencia entre MP_{10} e Ingreso per Cápita



Fuente: Elaboración Propia

En este caso, la relación no es inversa como en el gráfico anterior. Al aumentar el material Particulado MP_{10} , aumenta también la compensación requerida, de manera creciente, hasta un punto, donde un microgramo más de material Particulado hace tender al infinito la compensación requerida.

Como se puede ver a través de gráficos, la Tasa Marginal de Sustitución entrega un valor fundamental de compensación (tanto DAA como DAP), entre dos bienes o variables que se desee evaluar.

Para obtener esta tasa, los autores anteriormente mencionados utilizaron una regresión lineal donde se utiliza la variable dependiente de “Satisfacción de Vida” o “Felicidad”, que en la presente tesis se remplazará por razones de disponibilidad de datos, por la variable “Percepción en la Salud”, entregada por la encuesta CASEN, dado que dicha variable tiene relación directa con el bienestar, y con el impacto de la contaminación.

Dichos autores establecieron una relación entre los coeficientes de los modelos obtenidos, la Tasa Marginal de sustitución y la Disposición a Pagar por parte de la sociedad para el mejoramiento de la calidad de aire.

Teniendo la regresión lineal,

$$PerSal = \alpha * Ln(IngPC) + \beta * MP_{10} + \gamma * X + \delta * Z + \varepsilon$$

Dónde:

- PerSal : Es la percepción de salud en alguna escala predefinida.
- MP_{10} : : Es la cantidad de Material Particulado MP_{10} $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- $Ln(IngPC)$: Es el Logaritmo Natural del Ingreso Per Cápita de determinada área
- X : Es el conjunto de variables macro, como la T° , Precipitaciones, etc.
- Z : Es el conjunto de variables personales, como el sexo, edad, etc.

Si bien el método gráfico ayuda a entender el comportamiento y relación entre la contaminación y el ingreso, es interesante entender la forma de determinar el vínculo entre la TMS y los coeficientes.

Se entiende que la Percepción de la Salud es una Función del ingreso y la contaminación, como se puede ver representar en la siguiente ecuación:

$$PercSalud = f(Ing, Cont) \quad (1)$$

Además, se entiende que cualquier variación en la percepción de la salud, es función de la variación en las variables predictoras, por lo que a partir de la ecuación anterior, se deduce lo siguiente:

$$\Delta PercSalud = f(\Delta Ing, \Delta Cont) \quad (2)$$

Ahora, por el teorema del Diferencial Total, propio de la microeconomía (Mankiw, 2002), se entiende que la variación de la percepción de la salud se desglosa de la siguiente manera.

$$\Delta PercSalud = IMi * \Delta Ing + IMc * \Delta Cont \quad (3)$$

Donde IMi e IMc corresponden a los impactos marginales del ingreso y de la contaminación respectivamente. Por otra parte, se comprende que en una Curva de Indiferencia ante diferentes combinaciones de ingreso y contaminación, la Percepción no cambia, por tanto,

$$En CI \rightarrow \Delta PercSalud = 0 \quad (4)$$

A partir de ecuación (3) y (4), se desprende que

$$0 = IMi * \Delta Ing + IMc * \Delta Cont \quad (5)$$

Reordenando,

$$\frac{\Delta Ing}{\Delta Cont} = - \frac{IMc}{IMi} \quad (6)$$

Vale mencionar que el relación del primer miembro de la ecuación es conocido justamente como la Formula de la TMS, y los impactos marginales se obtienen de la regresión lineal, conocidos también como los coeficientes de las variables independientes. Por lo tanto, se tiene que:

$$TMS = \frac{\left(\frac{\partial PerSal}{\partial MP10}\right)}{\frac{\partial PerSal}{\partial Ln(IngPC)}} = \frac{\beta}{\alpha}$$

Este valor entrega la Tasa Marginal de Sustitución, que multiplicado por el ingreso (en negativo, para fines monetarios) medio o mediano (dependiendo el nivel de desigualdad en el área estudiada) de la sociedad, entrega la Disposición a Pagar individual por la mejora de la calidad de Aire. Por lo que la fórmula de la DAP sería la siguiente:

$$DAP = \frac{\beta}{\alpha} * -Y$$

Donde Y representa el ingreso medio o mediano de la sociedad.

Sin embargo, este dato que será evaluado en un plazo de 10 años a partir del año 2008, debe ser actualizado monetariamente con la tasa social de descuento. Esta tasa evalúa el costo efectivo social de utilizar capital en una inversión y es empleada para descontar los beneficios y los costos futuros de un proyecto de inversión gubernamental y transformarlo en valores presentes. Para este tipo de proyectos, la tasa social de descuento equivale al 6%. (Ministerio de Desarrollo Social, 2012)

Estudios Referentes sobre Percepción de Bienestar

Antes de ahondar en los datos relevantes para nuestro estudio y en el modelo propiamente tal, se quiere ilustrar algunos casos en diferentes países, donde de una u otra forma se vinculó la Percepción de Bienestar (Life Satisfaction en muchos estudios), con los niveles de contaminación, entre otras variables.

- Satisfacción de la vida y la calidad del aire en Londres (*Life satisfaction and air quality in London*) - MacKerron, G. y Mourato, S. (2008)

En este estudio, Mackerron y Mourato recogen los datos originales de la encuesta de cerca de 400 londinenses, y utiliza el sistema de información geográfica (SIG) para calcular las concentraciones de contaminantes en las inmediaciones de sus casas. Se utiliza estos datos para estimar modelos de regresión de máxima verosimilitud que explican clasificaciones de Satisfacción de Vida en términos de una serie de variables individuales, familiares y locales, utilizando una escala del 0 al 10, desde “extremadamente insatisfecho”, hasta “extremadamente satisfecho”.

Se evalúan dos niveles en el aire, percibiendo y midiendo la contaminación en ellos. Los resultados dicen que están significativamente asociados de manera negativa, con la Satisfacción de vida de los encuestados, incluso cuando se controla por una amplia gama de otros efectos. Un aumento de 10 mg/m^3 en la concentración media anual de dióxido de nitrógeno parece corresponder en promedio a una caída de casi la mitad de un punto de satisfacción de vida en una escala de calificación de 11 puntos. Posterior a este estudio, se realizaron otros con equivalentes condiciones pero diferentes métodos, logrando resultados similares.

- Valoración de Bienes Públicos utilizando datos sobre la felicidad: el caso de la Calidad del Aire (*Valuing Public Goods Using Happiness Data: The Case of Air Quality*) - Levinson, A. (2009)

Este trabajo describe y pone en práctica un método para estimar el valor promedio marginal de una variable en el transcurso del tiempo (time series) de bien público local, en este caso, la calidad del aire. Se utiliza la Encuesta Social General (GSS), que mide la felicidad a miles de personas en varios lugares de Estados Unidos, junto con otras preguntas demográficas y de actitud. En este caso, se utiliza una escala del 1 al

3, evaluando su nivel de felicidad. Estos datos se vinculan con el sistema de la Agencia de Protección Ambiental de la Calidad del Aire (AQS) para encontrar el nivel de contaminación en esos lugares para las fechas de las preguntas de la encuesta. Las personas con mayores ingresos en un año y ubicación dada, reportan mayores niveles de felicidad, y las personas entrevistadas en los días en que la contaminación del aire era mayor, el informe de la media estacional entregaba valores más bajos de felicidad. La combinación de estos dos conceptos, que se derivan de la tasa marginal de sustitución entre los ingresos y la calidad del aire, entregan información que comprueba la existencia de ciertas relaciones entre la satisfacción de la sociedad, en términos de su bienestar, y los niveles de contaminación. Levinson obtiene estimaciones sobre la Disposición a Pagar por parte de los individuos de la sociedad (US\$ 464 por año).

- Calidad del Ambiental Local y la satisfacción de la vida en Alemania (*Local Environmental Quality and Life-Satisfaction in Germany*) - Rehdanz y Maddison (2006).

Este trabajo propone un enfoque diferente a los métodos normales o más utilizados para derivar información sobre las preferencias individuales de la calidad del medio ambiente local. Este estudio, a diferencia de los anteriores, considera además de la contaminación del aire, la contaminación acústica que existe en las ciudades. Para lograr esto, se analizan los datos extraídos del *panel socio-económico alemán* en un intento de explicar las diferencias en percepción subjetiva de los niveles de bienestar en términos de calidad del medio ambiente. En cuanto a la variable de satisfacción de vida, ocupa una escala del 0 al 10, con la satisfacción de manera ascendente, al igual que en el caso anterior. Además de generar esta relación entre satisfacción de vida, ruido y contaminación, se le agregan ciertas variables explicativas que son utilizadas para controlar las diferencias sociodemográficas, las condiciones económicas, así como las características del vecindario. Las diferencias en la calidad del aire y los niveles de ruido se miden por cuánto una persona se siente afectada por

la contaminación del aire o la exposición al ruido en su zona residencial. La evidencia sugiere que incluso cuando se controla por una serie de otros factores la contaminación del aire y los niveles de ruido disminuyen significativamente el bienestar subjetivo aumenta. Pero curiosamente las diferencias percibe en el aire y la contaminación acústica no se capitalizan en las diferencias en los precios de la vivienda, por lo que en este caso, el método de los precios hedónicos no hubiese arrojado información relevante.

- Entorno ambiental y personal con respecto al bienestar en la China urbana (*Environmental Surroundings and Personal Well-being in Urban China*) - Smyth, (2008).

En este estudio, apoyado por un grupo de académicos de distintas universidades, se examina la relación entre la contaminación atmosférica, la contaminación del agua, la congestión del tráfico, el acceso a zonas verdes y el bienestar personal. Esto se realiza mediante una encuesta administrada a través de seis ciudades chinas en el año 2007. Al igual que en los casos anteriores, se ocupa una escala del 0 al 10, de satisfacción ascendente. En este estudio, a diferencia de otros, se han tomado distintas variables, basándose en el Índice personal de bienestar (IPB). También fue empleada la Encuesta de Satisfacción en el trabajo (EST) para medir la satisfacción en el empleo, que es una de las variables de control muy útil para examinar la relación entre el entorno ambiental y el bienestar personal. Algunas investigaciones previas realizadas por los psicólogos han demostrado las encuestas IPB y EST cuentan con buenas propiedades psicométricas en muestras occidentales y chinas. Una conclusión sólida de este trabajo es que en las ciudades con mayores niveles de contaminación atmosférica y la congestión del tráfico, los encuestados informan de menores niveles de bienestar personal, ceteris paribus. Al parecer, un aumento de una desviación estándar de las partículas en suspensión o las emisiones de dióxido de azufre es más o menos equivalente a un 12-13 por ciento de reducción en el ingreso promedio

mensual en las seis ciudades. Este resultado sugiere que el bienestar personal de la población urbana de China se puede mejorar si China redujera la contaminación atmosférica, llegando a sendas de crecimiento más equilibradas.

- Medio ambiente y la felicidad: Valoración de la contaminación del aire en diez países europeos. (*Environment and Happiness: Valuation of Air Pollution in Ten European Countries*) - Welsch (2003).

En este trabajo se utiliza un conjunto de datos panel, basados en encuestas sobre la felicidad (basado en escala nuevamente) en la sociedad de Europa Occidental, junto con datos sobre los ingresos per cápita y la contaminación, para examinar como el bienestar declarado varía con la prosperidad financiera y las condiciones ambientales. Este enfoque permite mostrar la atención prestada de los ciudadanos a de la prosperidad y el medio ambiente, y para calcular la disyuntiva o trade-off que están dispuestos a hacer entre ellos. Este documento concluye que la contaminación del aire juega un papel estadísticamente significativo como factor de predicción de las diferencias entre países y en diferentes momentos del tiempo, en el bienestar subjetivo de la población. El efecto de la contaminación del aire en el bienestar se presenta como una valoración monetaria no menor, donde se estaría dispuesto a pagar por una considerable mejora en la calidad del aire. Según este informe, las mejoras de calidad del aire en Europa occidental en el período 1990-1997 se valoran en casi 900 dólares per cápita por año en el caso del dióxido de nitrógeno y más de 1400 dólares per cápita al año en el caso del plomo.

Vale mencionar un apartado que posee este estudio, donde al autor dedica unos párrafos al caso de la forma funcional del modelo. Welsch explica que el propósito principal de los estudios basados en la felicidad a través de encuestas y su correspondiente análisis económico no es para comparar los niveles de bienestar en un sentido absoluto, sino más bien tratar de identificar sus factores determinantes y

para medir la los niveles de importancia entre los coeficientes, con el fin de lograr monetizar el trade-off existente.

Capítulo 3.

Salud y Contaminación:

Análisis de Situación Mundial

A nivel internacional ha existido una preocupación con respecto a la contaminación y a los diferentes impactos que tiene en el bienestar de la sociedad y del planeta. En este apartado, se ilustrará la realidad internacional, antes de entrar a la realidad local. En el siguiente esquema se mostrará los pasos a realizar para lograr determinar el impacto de la contaminación en la salud de nuestro país.

Esquema 3.1: *Mapa de Trabajo*



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede ver, primeramente, de modo introductorio, se analizará la realidad internacional de 168 países, estableciendo un modelo predictivo para el impacto de la contaminación en la salud de las personas. Posteriormente, se realizará un análisis de Chile versus sus vecinos directos en América Latina, entregando estadística descriptiva sobre la situación en el nuestro sector. Por último, se estudiará la situación de nuestro país, estableciendo un modelo único de impacto estadístico para las ciudades de Chile, estimando la Tasa Marginal de Sustitución y la Disposición a Pagar de la sociedad por el mejoramiento en la calidad del aire.

A nivel mundial, durante décadas las instituciones internacionales se enfocaron en supervisar y mejorar determinadas variables macroeconómicas que según se creían eran las principales para establecer el bienestar y la prosperidad de los países y sus economías. Dentro de estas variables se reconoce al Producto Interno Bruto, Producto Nacional Bruto, Tasa de Desempleo, Inflación, Tipo de Cambio, entre otras. Si bien en la actualidad estas temáticas siguen siendo de importancia para quienes velan por la economía de los países, han comenzado a tomar protagonismo otras variables, las cuales se centran principalmente en el bienestar directo del individuo. Esto se refiere al Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), quienes desde hace décadas han establecido nuevas medidas de bienestar, que no siempre tienen relación con las variables tradicionales. Dentro de sus áreas de interés, se puede encontrar la gobernabilidad democrática, igualdad de género, distribución de la riqueza y reducción de la pobreza, energía y medio ambiente, TICs y enfermedades como el SIDA (ONU, 2012). En los últimos años, se han visto como tópicos como el coeficiente de Gini y el Índice de Desarrollo Humano (IDH), han pasado a la palestra de los análisis de bienestar internacional, sobre todo en los países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). De esta manera, el Informe sobre Desarrollo Humano se ha publicado anualmente, donde se explicita el estado de una serie de variables para 168 países, clasificándolos por su nivel de desarrollo humano. (ONU, 2011). En dicho informe, se puede encontrar datos que son de nuestro interés e introducen a la importancia internacional en la calidad del medio ambiente, y sus implicaciones en diferentes países. Gracias a esto se ha podido estudiar, de manera introductoria para nuestra realidad local, la situación internacional y la relación que existe entre la salud, la calidad del aire, y otras variables de interés, generando un modelo econométrico que explique el comportamiento de las variables.

A partir del informe mencionado en el párrafo anterior, se generó una base de datos con 19 variables, la cual será el pedestal del modelo. Las variables incluidas en la base de datos son las siguientes:

- Ingreso Per Cápita (PIBPC)
- Coeficiente de Gini (GINI)
- Índice de Satisfacción de Vida (LifeSatisf)
- Porcentaje de Satisfacción por Salud Personal (PercepSalud)
- Percepción del Estándar de Vida (LifeStandard)
- Porcentaje de Satisfacción por Sistema de Salud (PerSistSalud)
- Porcentaje de Satisfacción por Sistema Educativo PerEduc
- Porcentaje de Satisfacción por calidad del aire (PerCalidAire)
- Edad Media nacional (EdadMedia)
- Gasto Per cápita en salud por millón de personas (GastoSalud)
- Promedio Anual de Material Particulado MP_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- Expectativa de Vida en años. (Vidaexpect)
- Escolaridad Promedio (Esc)
- Índice de Pobreza Multidimensional (IPM)
- Logaritmo del Ingreso Per Cápita (LOGPIBPC)
- Índice de Crecimiento del PIB Per Cápita (CrecPIB)
- Índice de Ocupación (JobIndex)

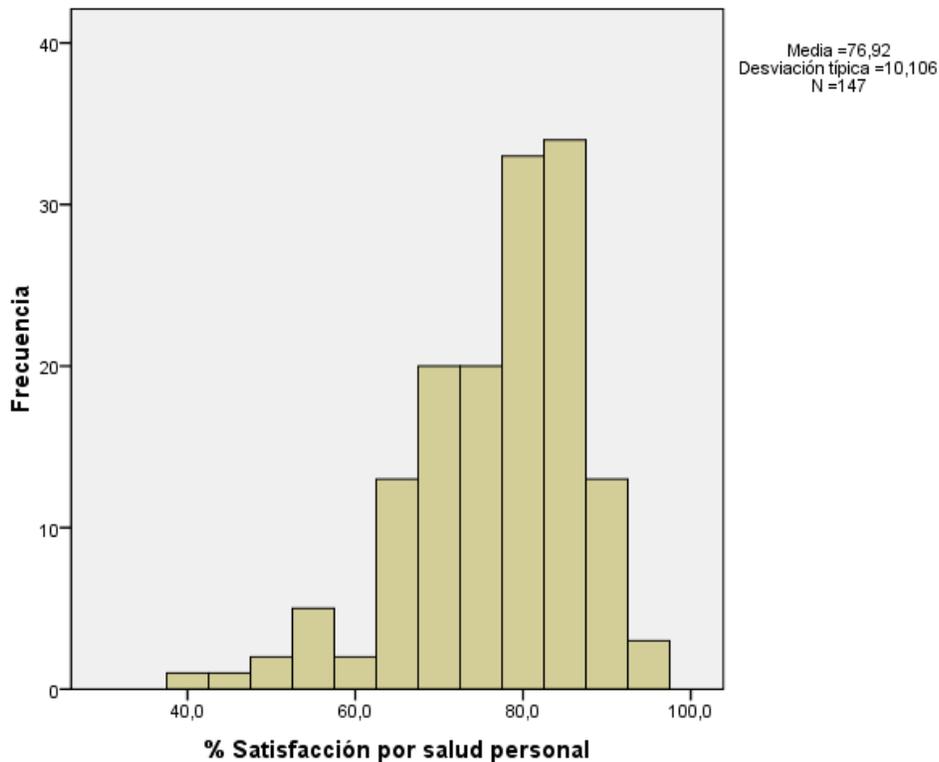
Vale mencionar que existen variables que eran de particular interés para nuestro estudio, como las que tienen relación con el nivel de satisfacción de vida, salud y contaminación. Sin embargo, en distintos modelos realizados, la variable MP_{10} no fue estadísticamente significativa en ninguno de los casos, a diferencia de la variable PerCalidAire, la cual si resultó ser explicativa en nuestro modelo. Se considera que la insignificancia de la variable MP_{10} es provocada por la generalidad en su medición. En general, los países cuentan con distintos niveles de contaminación dependiendo la situación geográfica, el clima, la región, cercanía con el mar, etcétera; lo que provoca que esta variable no se ajuste lo suficiente a la realidad del país en su conjunto.

Antes de estudiar el impacto en términos econométricos de las distintas variables, se realizará una estadística descriptiva sobre las diferentes áreas, entregando información

valiosa para el entendimiento del impacto de la contaminación en la salud de la población mundial

En primera parte, es importante analizar el comportamiento de la variable dependiente, y su concentración (moda) en las respuestas.

Gráfico 3.2: *Histograma Percepción de Salud*



Fuente: Elaboración Propia a partir del *Informe sobre Desarrollo Humano 2011. Sostenibilidad y equidad: Un mejor futuro para todo (ONU, 2011)*.

Como se puede ver, en general entre un 70% y 90% de la población mundial, está satisfecha con su salud personal. Por otra parte, es fundamental entender que relación tiene con otras variables de interés.

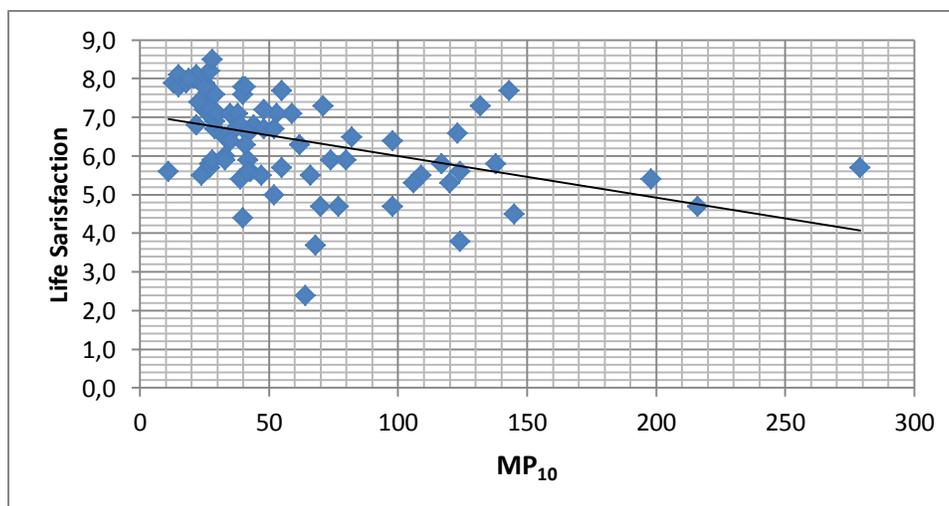
Tabla 3.2: *Tabla de Correlación de variable Satisfacción por salud personal.*

		% Satisfacción por salud personal	Indice de Satisf. de Vida	Ingreso Per Cápita	Gasto Per capita en salud por millon de personas	Expectativa de Vida	% de Satisfechos por la calidad del aire	Promedio Anual MP ₁₀ (ug/m ³)
% Satisfacción por salud personal	Correlación de Pearson	1,00	0,62	0,41	0,35	0,41	0,33	-0,14
	Sig. (bilateral)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,198
	N	147,00	143,00	147,00	146,00	147,00	145,00	85,00

Fuente: Elaboración Propia a partir del *Informe sobre Desarrollo Humano 2011. Sostenibilidad y equidad: Un mejor futuro para todo (ONU, 2011).*

Como se puede ver, la Satisfacción de vida, el gasto en salud, el ingreso per cápita, la calidad del aire, entre otras variables, tienen una relación positiva como la satisfacción por la salud personal. Por otra parte, el promedio anual de MP₁₀ (ug/m³), tiene una relación negativa con la percepción de la salud, pero sin significancia estadística. Por otro lado, en términos gráficos, algunas relaciones interesantes son las siguientes:

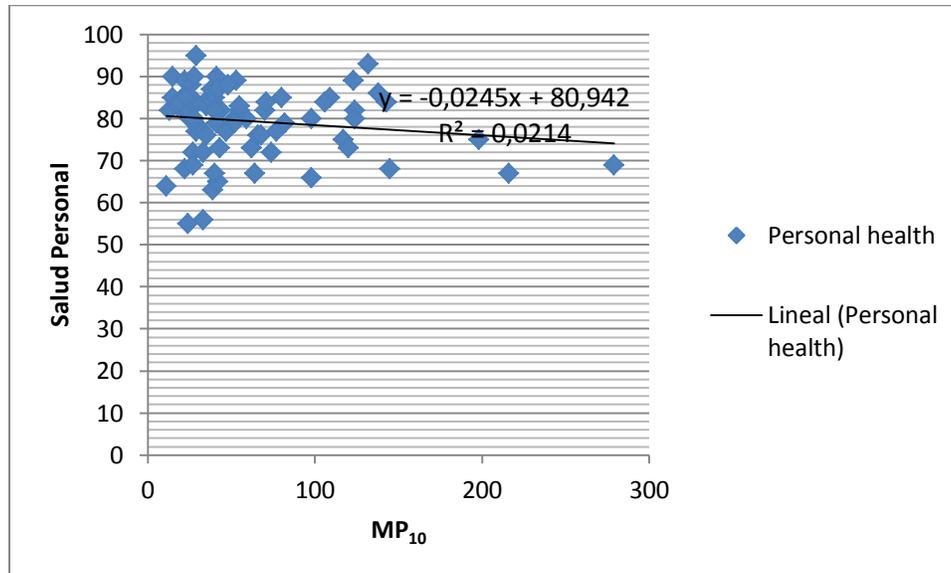
Grafico 3.3: *Satisfacción de Vida vs. Contaminación*



Fuente: Elaboración Propia a partir del *Informe sobre Desarrollo Humano 2011. Sostenibilidad y equidad: Un mejor futuro para todo (ONU, 2011).*

Es interesante evaluar la relación que existe entre el índice de satisfacción de vida, y el promedio de material particulado MP_{10} , donde efectivamente existe una relación inversa: A mayor nivel de contaminación en el aire, menor nivel de satisfacción de vida.

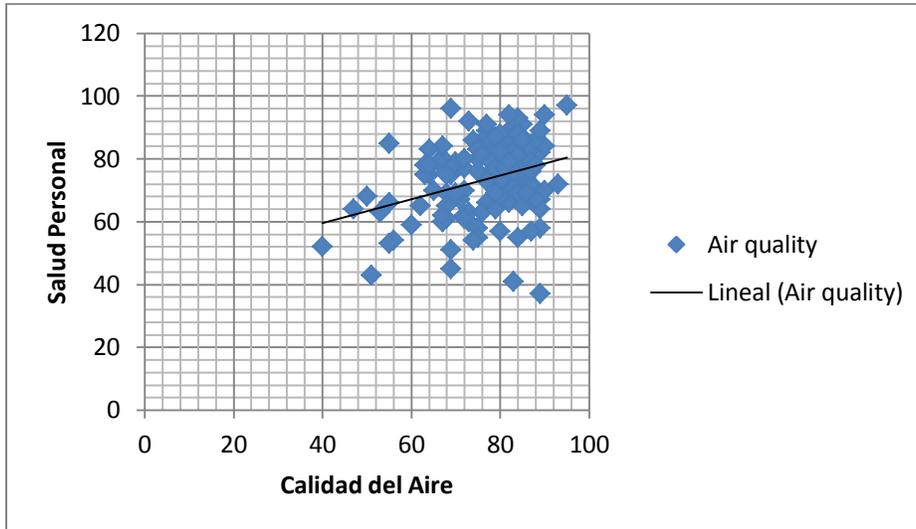
Gráfico 3.4: *Porcentaje de Satisfacción por salud personal vs Contaminación*



Fuente: Elaboración Propia a partir del *Informe sobre Desarrollo Humano 2011. Sostenibilidad y equidad: Un mejor futuro para todo (ONU, 2011)*.

Existe una relación negativa entre estas variables, que como se vio en la matriz de correlaciones, no es significativa. Sin embargo, y para fines introductorios, es interesante considerar esta relación.

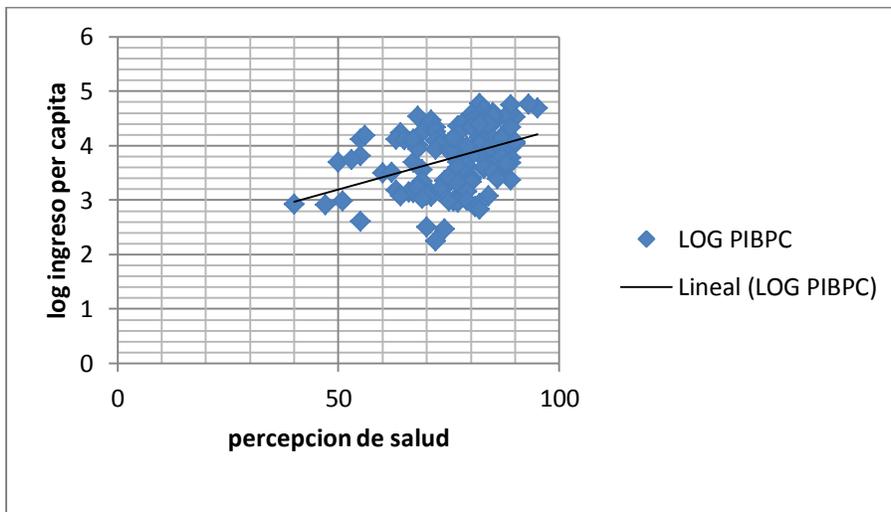
Gráfico 3.5: *Porcentaje Satisfacción Salud personal vs Porcentaje Satisfacción Calidad de Aire.*



Fuente: Elaboración Propia a partir del *Informe sobre Desarrollo Humano 2011. Sostenibilidad y equidad: Un mejor futuro para todo (ONU, 2011)*.

Esta relación ya es más acentuada y estadísticamente significativa: La calidad el aire afecta directamente la percepción sobre la salud personal.

Gráfico 3.6: *Ingreso Per Cápita (Log) vs Porcentaje Satisfacción Salud Personal*



Fuente: Elaboración Propia a partir del *Informe sobre Desarrollo Humano 2011. Sostenibilidad y equidad: Un mejor futuro para todo (ONU, 2011)*.

Por último, se puede ver que a mayor niveles de ingreso, más población está satisfecha con su salud personal.

Si bien estos análisis pueden resultar básicos u obvios, entregan relaciones fundamentales que se aplican alrededor de todo el planeta, y ayudan a entender el protagonismo que ha tomado el cuidado del medio ambiente en las políticas públicas.

Además, se puede extraer de la base de datos otras relaciones distintas a las que ya se entregaron, sin embargo, solo se mencionarán algunas de modo ejemplificador, para poder introducir al tema que compete a la presente tesis, que es la valoración de la calidad del aire en nuestra ciudad.

Por otra parte, se ha querido realizar, además de la estadística descriptiva, una regresión lineal que explique el comportamiento del índice de satisfacción de la salud personal, las variables que son significativas, y el signo de sus coeficientes. Vale decir que no se ha ahondado en pruebas econométricas para comprobar el modelo, dado que solo se realizará, como ya fue mencionado, con fines introductorios.

Tras varias pruebas, se ha determinado un modelo el cual ilustra la realidad internacional, con respecto a la percepción de la salud y su relación con la calidad del aire.

$$\text{PercepSalud} = 29,650 + 0,211 * \text{PerCalidAire} - 0.559 * \text{Esc} + 0.686 * \text{LifeSatif} + 0.286 * \text{LOGPIBPC} + \varepsilon$$

Entendiendo que la variable dependiente va del 1 al 100% (porcentaje de encuestados que dicen estar satisfechos con su salud), se puede ver que al aumentar un 1% la cantidad de personas que están satisfechos con la calidad del aire, mejora en un 0.211% la cantidad de personas que se sienten satisfechas con el aire (variable definida como porcentaje). Por otra parte, es interesante interpretar la variable de escolaridad, que en la mayoría de análisis aparece con signo negativo. Se cree que esto se debe a que las personas con **más** educación comprenden mejor las problemáticas de morbilidad, y son más exigentes con su nivel de salud, por tanto, los parámetros de satisfacción para un individuo con poca escolaridad no son los mismos que tiene una persona con muchos años de escolaridad. En general, una aumento en los años promedio de escolaridad de la

nación, hace que un 0,559% menos de gente este satisfecha con su salud. Por otra parte, se tiene que un aumento en 1 punto (en una escala del 1 al 10) del índice de satisfacción de vida, aumenta la cantidad de satisfechos con su salud en un 0,686%. Por último, la variable referente al ingreso per cápita dice que ante una variación del 1%, la cantidad de personas que están satisfechas con su salud aumentará en un 0,286%.

A continuación se puede ver datos del ajuste del modelo y el ajuste de los coeficientes, entre otros.

Tabla 3.7: Resumen del modelo Internacional

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,749 ^a	,560	,548	6,8711

Elaboración Propia a partir del *Informe sobre Desarrollo Humano 2011. Sostenibilidad y equidad: Un mejor futuro para todo (ONU, 2011)*.

Tabla 3.8: Coeficientes del Modelo Internacional

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	29,650	6,133		4,835	,000
	% de Satisfechos por la calidad del aire	,184	,052	,211	3,540	,001
	LN PIB PERCAPITA	5,033	2,108	,286	2,387	,018
	Escolaridad	-1,894	,307	-,559	-6,176	,000
	Índice de Satisfacción de Vida	4,960	,701	,686	7,074	,000

Elaboración Propia a partir del *Informe sobre Desarrollo Humano 2011. Sostenibilidad y equidad: Un mejor futuro para todo (ONU, 2011)*.

Vale mencionar que se utilizó los coeficientes estandarizados para la interpretación de las elasticidades, dado que estos tipifican el peso de cada coeficiente independientemente como se haya medido. Sin embargo, cuando se calcule la Tasa Marginal de Sustitución en los próximos modelos, se utilizarán los coeficientes no estandarizados, ya que no es objetivo unificar las unidades de medida, sino solo utilizar los coeficientes para elaborar el índice TMS.

Sin desmedro de lo anterior, vale recalcar que para este modelo no se puede establecer la Tasa Marginal de sustitución ni tampoco la Disposición a Pagar por compensación de la calidad de aire, dado que como ya fue mencionado y explicado, **la variable MP_{10} no es significativa en este modelo**. Sin embargo, se puede establecer de manera introductoria, que en esta base de datos que reúne una gran cantidad de países de diferentes continentes, existe una relación importante que denotar: La satisfacción por la calidad del aire tiene una relación positiva con la satisfacción por la salud, esto quiere decir que mientras mejor este el aire en estos países, más gente estará satisfecha con su salud personal.

En términos locales, Chile tiene una particular interacción con respecto a las variables de interés en su región, como se verá a continuación.

3.1 Análisis de Chile y su entorno

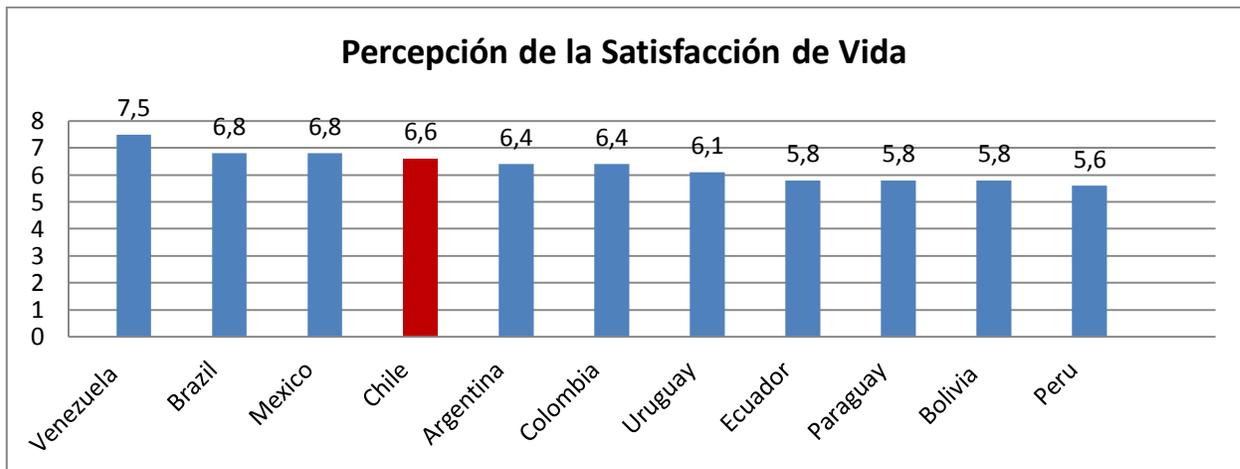
En el presente apartado, se comenzará evaluando ciertos aspectos prácticos de lo revisado en el capítulo anterior, aplicando los conceptos a la realidad local, contextualizando y conociendo en lo específico a la sociedad chilena. Posterior a esto, se describirá las variables a utilizar en el modelo de Percepción de Bienestar, recogiendo los resultados e interpretándolos.

Chile y la Percepción del Bienestar

Como ya ha sido mencionado en el capítulo anterior, durante las últimas décadas hemos sido testigo de una evolución y/o desarrollo de las variables fundamentales en la economía país, las cuales eran protegidas y solían ser base de los principales (y en ocasiones los únicos) objetivos macroeconómicos para las entidades responsables. Con esto se hace mención al desempleo, la inflación, el crecimiento económico y el equilibrio en la balanza de pagos: variables planteadas por los padres de la economía. Sin embargo, la Organización de Naciones Unidas lanza en 1965 un programa internacional (*PNUD*) donde centra la atención además en otras variables, como en la educación, la salud, la calidad de vida, el medio ambiente, etc.; formando índices de valiosa utilidad, como el hoy conocido Índice de Desarrollo Humano (IDH) (ONU, 2012)

Chile a nivel internacional, según el *Informe sobre Desarrollo Humano 2011. Sostenibilidad y equidad: Un mejor futuro para todos* (ONU, 2011), se encuentra en la posición número 31 de un total de 168 países que poseen datos referentes a la Percepción Total de Satisfacción de Vida (en una escala del 1 al 10), y se encuentra en el puesto número cuatro a nivel regional, como se ve en el siguiente gráfico.

Gráfico 3.9: *Percepción de la Satisfacción de Vida en America Latina*



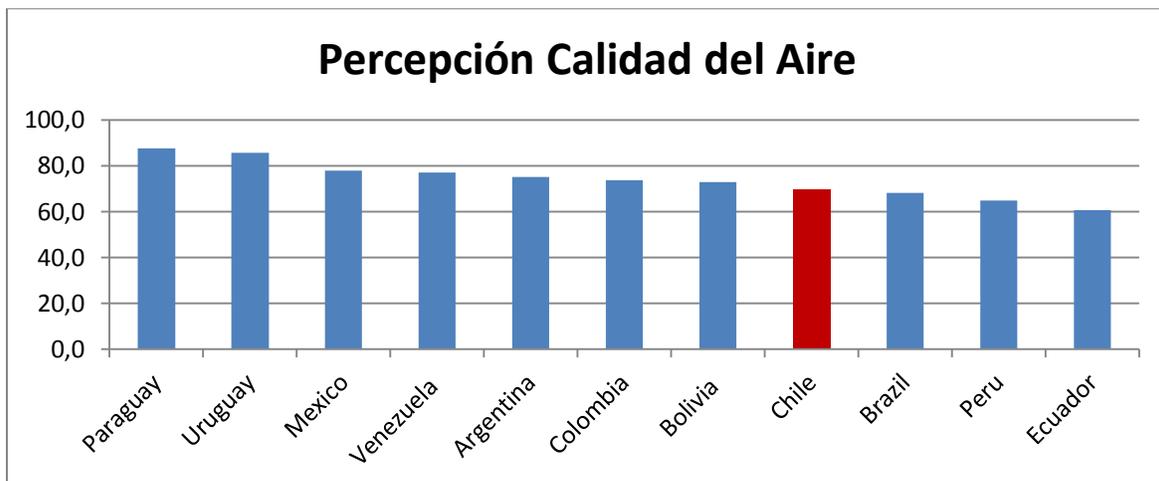
Fuente: Elaboración Propia a partir del *Informe sobre Desarrollo Humano 2011. Sostenibilidad y equidad: Un mejor futuro para todo* (ONU, 2011).

Vale mencionar que el promedio de los países altamente desarrollados es de 6,7 puntos, por lo que Chile esta levemente debajo de este umbral.

En términos más específicos, este informe también evalúa la percepción en la calidad del aire (de 0% a 100%), desde el año 2006 al año 2009. En este caso, existe una diferencia notoria en términos de ranking. En un total de 151 países con datos, Chile se encuentra en la posición 105, con solo 69,5% de satisfacción (comparado al promedio de los países con alto desarrollo humano, que poseen un índice del 78%).

En términos regionales, la situación de Chile no deja de ser preocupante:

Gráfico 3.10: *Percepción de la Calidad de Aire en America Latina*

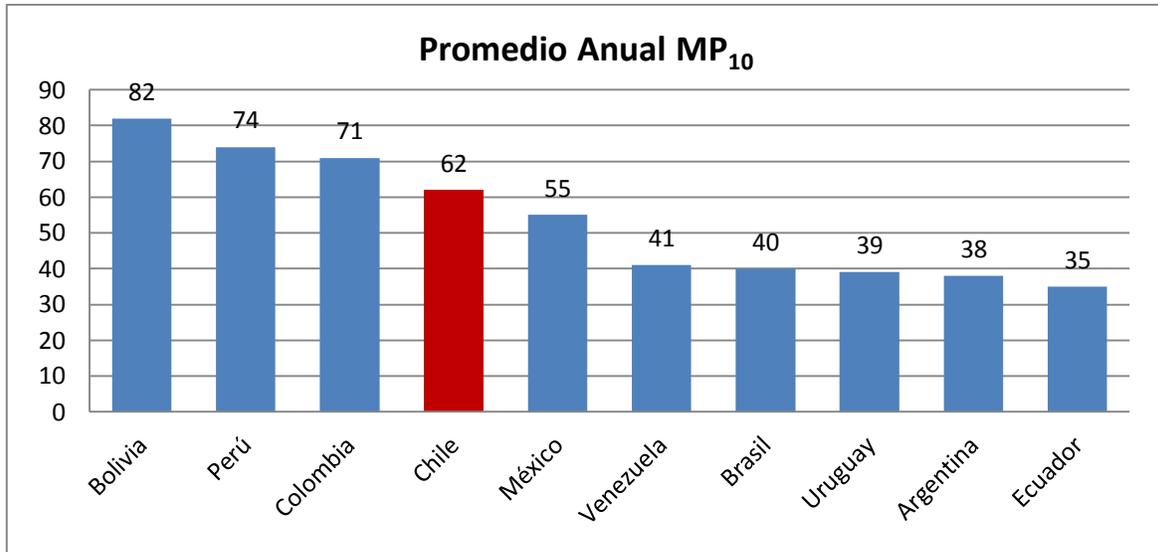


Fuente: Elaboración Propia a partir del *Informe sobre Desarrollo Humano 2011. Sostenibilidad y equidad: Un mejor futuro para todo (ONU, 2011)*.

Ante esto, se puede ver que si bien la sociedad chilena en términos generales está satisfecha con su calidad de vida, no deja de lado la complicada situación del aire a lo largo de todo el país, a causa de sus altos niveles de contaminación.

Por último, en términos de contaminación en el aire (específicamente la contaminación provocada por el MP_{10}), Chile se encuentra en el lugar 27, de un total de 86 países con datos. (ONU, 2010). En términos regionales, la situación es la siguiente:

Gráfico 3.11: Promedio Anual de MP_{10} America Latina



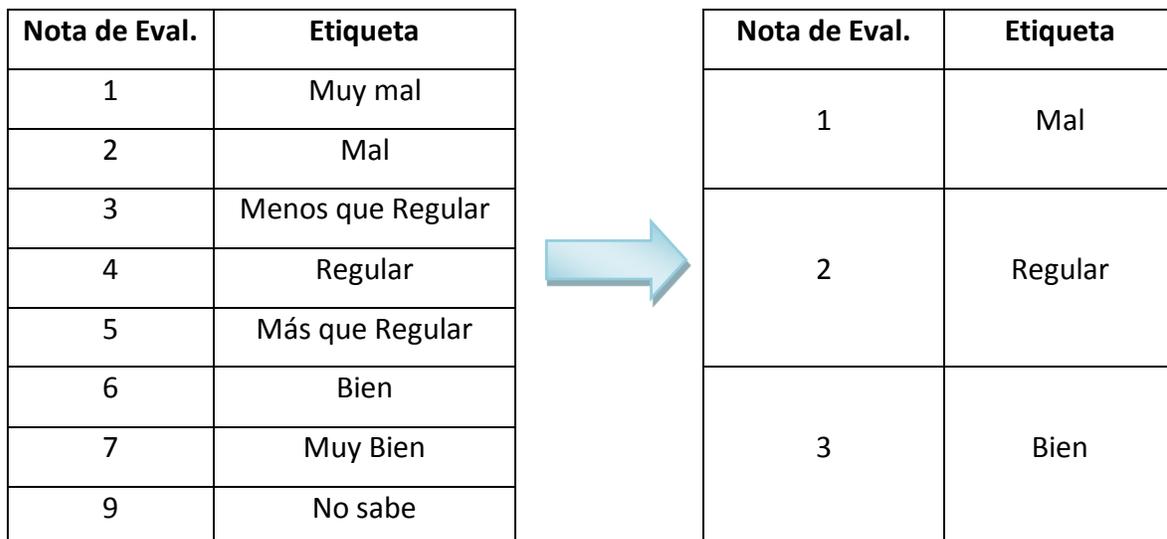
Elaboración Propia a partir del *Informe sobre Desarrollo Humano 2011. Sostenibilidad y equidad: Un mejor futuro para todo* (ONU, 2011).

Capítulo 4.

**Modelo de Percepción de
Salud para Chile**

Antes de comenzar es fundamental analizar las variables propias de nuestro estudio, entender las principales variables que fueron ocupadas, y de qué manera son estudiadas. Como ya se ha mencionado, se trabajará con mayor profundidad a partir de la Encuesta de Caracterización Socio-Económica Nacional (CASEN, que es la principal encuesta de hogares de Chile, que sirve para obtener indicadores de pobreza, desigualdad, entre otros, que se utilizan tanto a nivel nacional como internacional) aplicada entre noviembre y diciembre de 2009 a 71.460 hogares del país (con 246.924 personas encuestadas). En primer lugar se tiene la Percepción de la Salud, la cual será nuestra variable dependiente en los dos modelos que se construirán. Esta variable es preguntada en la CASEN como “Usted diría que en general su salud está: (Nota de evaluación)”, siendo categorizada del número 1 (muy mala salud) hasta el número 7 (muy buena salud), además cuenta con la categoría 9, la que representa a las personas encuestadas que no opinaron o no pudieron establecer una percepción clara de su salud. Sin embargo, para fines de sencillez estadística e interpretativa, y al igual que Levinson (2009), se simplificó la clasificación del 1 al 3, percibiendo una salud “mala”, “regular”, o “buena” (véase esquema 4.1). Así mismo, se da a entender, que las observaciones con la categoría 9 fueron eliminadas, dado que no eran de utilidad para el presente análisis.

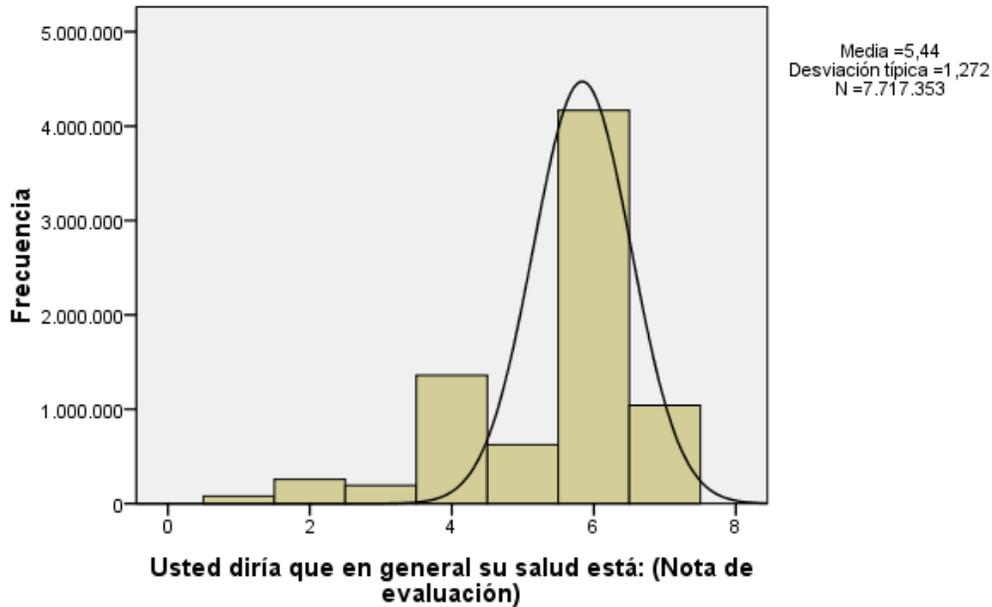
Esquema 4.1: Conversión Nota de Evaluación Percepción de la Salud CASEN a 3 categorías.



Fuente: Elaboración Propia con datos CASEN 2009.

Es interesante ver el comportamiento de esta variable, para eso se presentará en primer lugar dos histogramas comparando sus medidas, y una tabla de correlaciones con las principales variables del modelo.

Gráfico 4.2: *Histograma Percepción de la Salud (nota de 1 a 7)*

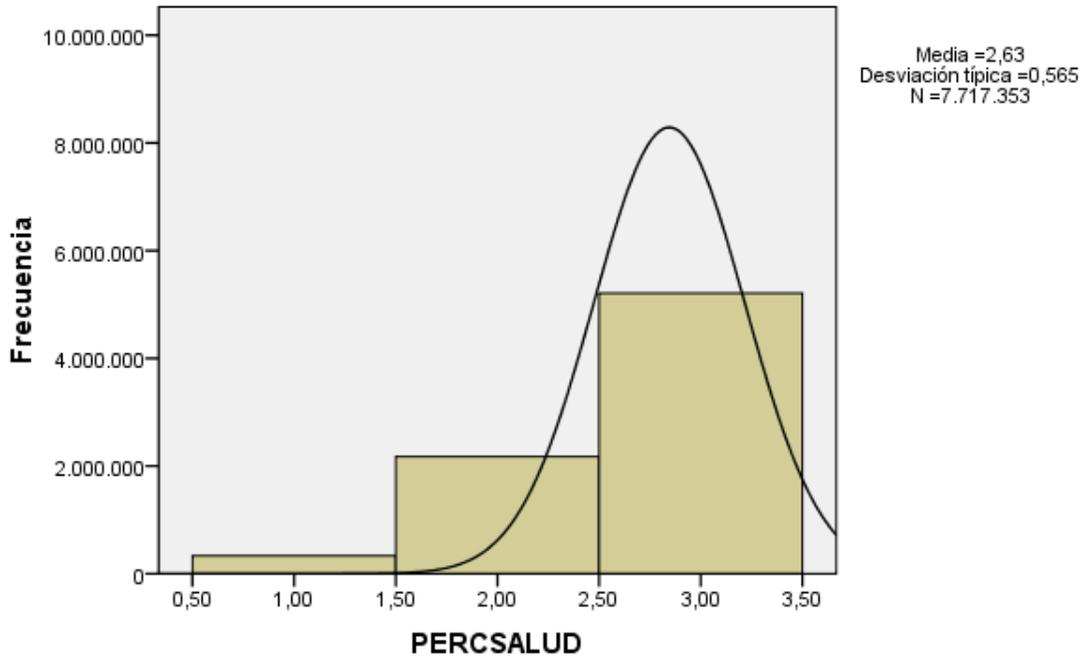


Fuente: Elaboración Propia con datos CASEN 2009.

Como se puede ver, existe una tendencia a la satisfacción de la población, donde la media de la nota de evaluación corresponde a un 5.44, centrando las respuestas de los individuos sobre la nota cuatro, con una fuerte tendencia en la nota 6.

Cuando se recodifica la variable en una de solo 3 notas o clasificaciones, el histograma se presenta de la misma manera, mostrando también una tendencia a valorar de buena manera la salud personal.

Gráfico 4.3: *Histograma Percepción de la Salud (nota de 1 a 3)*



Fuente: Elaboración Propia con datos CASEN 2009.

Por otra parte, se desea mostrar las distintas correlaciones de esta variable con sus pares, a fin de entender de mejor manera los impactos que explican su comportamiento. En el Anexo 1 se podrán ver más estadística descriptiva disponible para esta variable.

Tabla 4.4: *Matriz de Correlaciones - Percepción de la Salud (S8-CASEN)*

	Escolaridad	Promedio MP ₁₀ Anual	LN_PibPerCapita	Sin Atención Médica en los últimos 30 días	Promedio MP _{2.5} Anual	HOMBRE	TEMPROM
Correlación de Pearson	,295**	-,015**	,163	,402**	-,007**	,092	,034**
Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
N	7717353	7655970	7691746	7717353	7717353	7717353	7717353

Fuente: Elaboración Propia con datos CASEN 2009.

Como se puede ver, la mayoría de las variables tienen una relación positiva con la Percepción de la Salud personal, exceptuando aquellas que tienen relación con la contaminación. Es interesante hacer un análisis sobre la variable “Sin Atención médico en los últimos 30 días”, dado que por su nivel de correlación y como se verá posteriormente, impacto en el modelo, no puede pasar desapercibida. Este alto impacto es producto de la connotación de subjetiva que tiene la encuesta. Una persona que fue atendida en el sistema de salud en los últimos 30 días, tiene un impacto fuertemente negativo en la percepción de salud de las personas, causado seguramente, por sentir un malestar o una enfermedad más cercana que aquel individuo sin consultas en el último mes.

Es por esto que vale recalcar que no se está estudiando la morbilidad o mortalidad en la sociedad chilena, sino que directamente se analiza la percepción de la salud de la población, que tiene relación con otros paradigmas, que se inician desde las opiniones individuales, afectadas por motivos de diferentes cualidades, que normalmente resulta difícil de determinar.

Sin embargo, basándonos en Ramirez, Gallegos, & Sepúlveda (2004) y Elstad & Krokstad (2003) quienes estimaron en sus trabajos los determinantes claves de la salud percibida, la cual según ellos es explicada por variables claves (y otras de control), como la edad, el sexo, la escolaridad, la ocupación, el sistema de salud adscrito, el ingreso y las condiciones climáticas; en la presente tesis se ha establecido un modelo explicativo que ayudará a entender de qué manera es afectada la sociedad para modificar su percepción de su estado de salud.

En Segundo lugar se tiene el ingreso per cápita, el cual es fundamental para la valorización de la calidad del aire, dado que su coeficiente es el denominador de la tasa marginal de sustitución. Este ingreso es calculado de la siguiente manera:

$$IngPC = \frac{(\text{Ing. autónomo de los hogares} + \text{Subsidios monetarios de los hogares} + \text{alquiler imputado de la vivienda})}{\text{Número de Personas en el Hogar}}$$

Esta razón entrega el valor de todos los ingresos reales e imputados que disfruta un hogar. La lógica de esta ecuación es que al interior del hogar se reparten todos los beneficios percibidos, por eso es que se divide por la cantidad de integrantes del hogar. (MIDEPLAN, 2009)

En tercer lugar se tiene a la contaminación del aire, centrándonos principalmente en dos variables que son claves en nuestro país: El material Particulado MP_{10} y el $MP_{2.5}$. Como se ha mencionado, los coeficientes de estas variables son utilizados para calcular la Tasa Marginal de Sustitución, por lo que se ha diseñado dos bases de datos, para evaluar la contaminación y su impacto por separado.

O sea, se han realizado dos bases de datos a partir de la CASEN Original, con diferentes filtros de datos, dado que se evaluará la Disposición a Pagar basándonos en dos diferentes Materiales Particulado: MP_{10} Y $MP_{2.5}$.

En ambas bases se realizaron dos filtros, siendo el primero de ellos factor común para ambas: Se eliminaron todas las observaciones que no tenían una categorización válida (no sabe/no contesta) con respecto a la percepción de salud.

El segundo filtro se realizó en base a los datos disponibles de contaminación MP_{10} y $MP_{2.5}$ para las comunas disponibles en las páginas webs gubernamentales (MMA, 2012), por lo que ambas tablas tienen cantidad de datos diferentes.

En esta línea, es importante mencionar que se trabajaron 56 comunas a lo largo de Chile, las cuales de distribuyen porcentualmente por regiones de la siguiente manera.

Tabla 4.5 Frecuencia Regiones con Variable Independiente MP₁₀

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos I: Tarapacá	132324	1,7	1,7	1,7
II: Antofagasta	388071	5,0	5,0	6,7
III: Atacama	110623	1,4	1,4	8,2
IV: Coquimbo	165047	2,1	2,1	10,3
V: Valparaíso	614955	8,0	8,0	18,3
VI: Libertador General Bernardo O'Higgins	253219	3,3	3,3	21,6
VII: Maule	187912	2,4	2,4	24,0
VIII: Bío Bío	463983	6,0	6,0	30,0
IX: La Araucanía	287832	3,7	3,7	33,7
X: Los Lagos	305147	4,0	4,0	37,7
XI: Aysén del General Carlos Ibañez del Campo	43542	,6	,6	38,3
R.M.: Región Metropolitana de Santiago	4510857	58,5	58,5	96,7
XIV: Los Ríos	118076	1,5	1,5	98,2
XV: Arica y Parinacota	135765	1,8	1,8	100,0
Total	7717353	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración Propia con datos CASEN 2009.

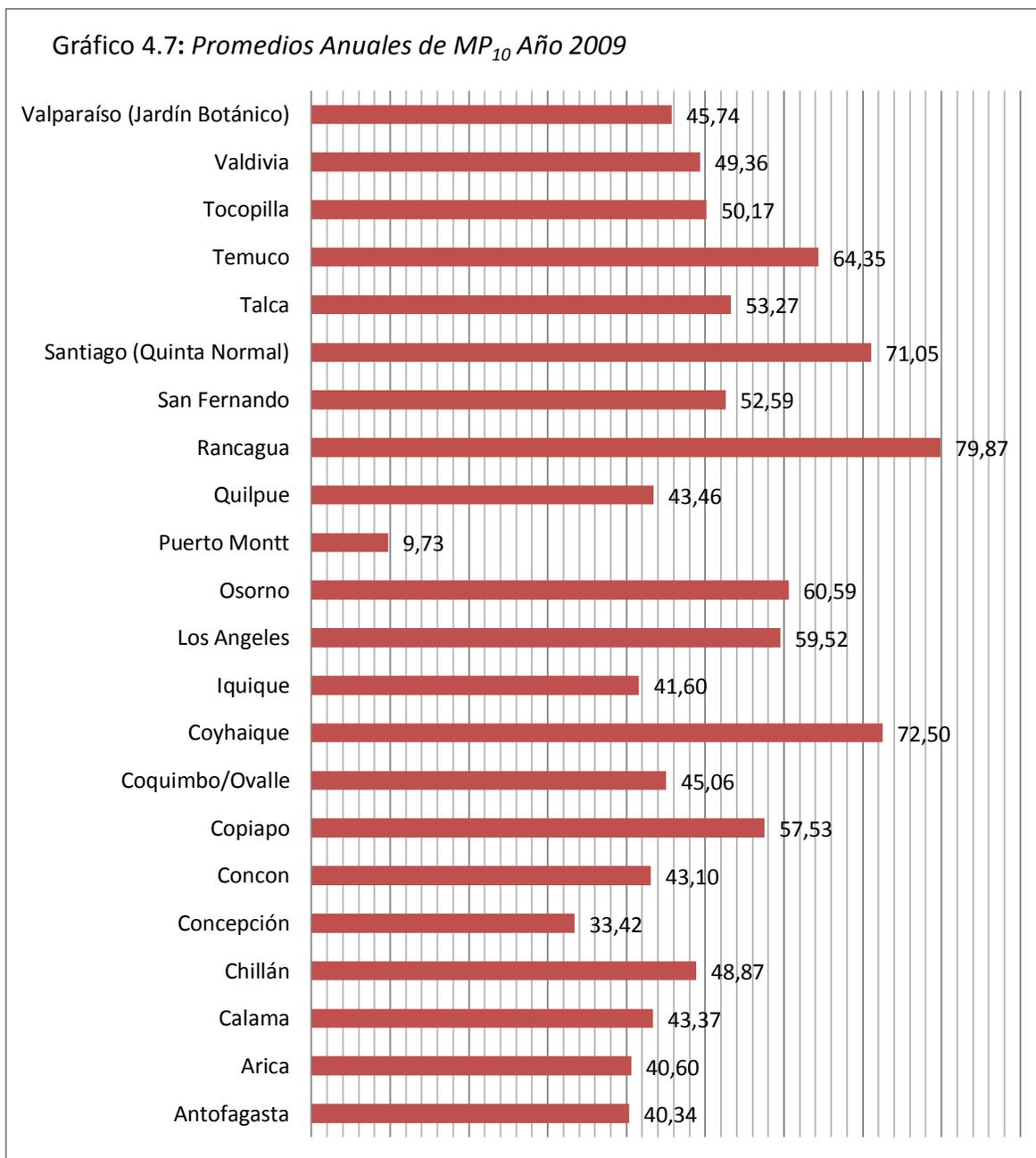
Tabla 4.6 Frecuencia Regiones con Variable Independiente MP_{2.5}

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos II: Antofagasta	16657	,3	,3	,3
V: Valparaíso	447119	7,2	7,2	7,5
VI: Libertador General Bernardo O'Higgins	195108	3,1	3,1	10,6
VII: Maule	187912	3,0	3,0	13,6
VIII: Bío Bío	315071	5,1	5,1	18,7
IX: La Araucanía	287832	4,6	4,6	23,4
X: Los Lagos	127429	2,1	2,1	25,4
R.M.: Región Metropolitana de Santiago	4510857	72,7	72,7	98,1
XIV: Los Ríos	118076	1,9	1,9	100,0
Total	6206061	100,0	100,0	

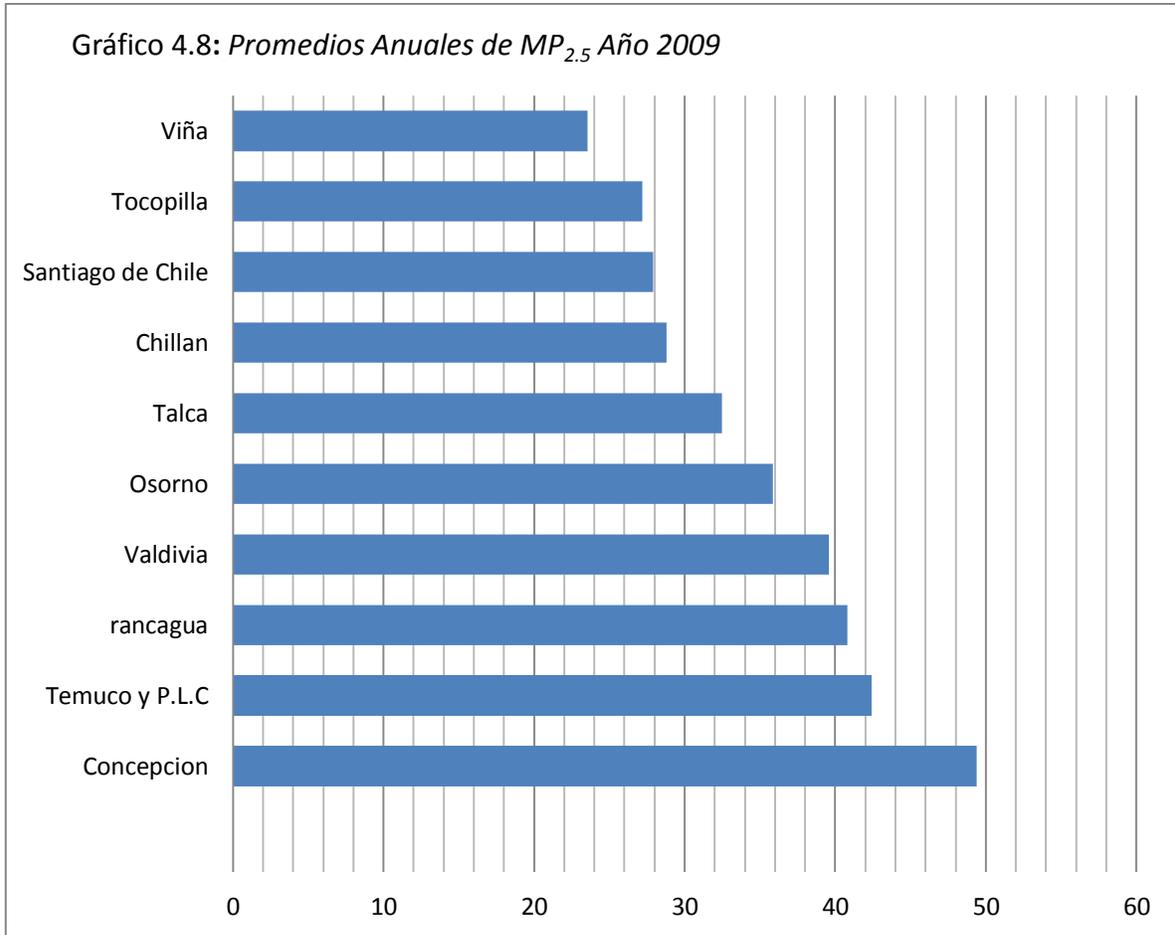
Fuente: Elaboración Propia con datos CASEN 2009.

Vale mencionar que ambas tablas esta ponderadas por el Factor Comunal entregado por la CASEN, que permite visualizar mejor el peso de cada comuna en la muestra total, y es por eso que la muestra total hace referencia a millones de habitantes.

Por último, se mostrará los niveles de Material Particulado MP₁₀ y MP_{2.5} de las ciudades con datos para el año 2009. (MMA, 2012)



Fuente: Elaboración Propia a partir de datos entregados por MMA (2010).



Fuente: Elaboración Propia a partir de datos entregados por MMA (2010).

Otra variable fundamental para nuestro modelo y su posterior utilización para la valorización de la calidad del aire, es el ingreso per cápita. Como fue mencionado en el marco teórico, la forma funcional de esta variable es logarítmica, dado que esto hace que las diferencias de escala se atenúen y los coeficientes que se obtengan puedan ser más significativos. Sin desmedro a su forma funcional, se verán algunos datos estadísticos sobre su comportamiento.

El ingreso per cápita en la encuesta CASEN tiene un máximo y un mínimo de \$10.259.194 y \$0 respectivamente, un promedio de \$282.409 y una mediana de \$159.468. Es fundamental hacer notar la diferencia entre estas últimas dos medidas estadísticas, dada una realidad no revelada aún. Si bien el máximo del ingreso supera los 10 millones de pesos, más del 95% gana por debajo de la línea del \$1.000.000, y más del 88% por

debajo de los \$500.000. Por tanto, existe una gran cantidad de outliers que provocan esta diferencia en el promedio, en cambio, la mediana divide en dos la muestra, estableciendo este estadístico como el valor entre las dos mitades, por lo que su valor es más bajo, y de alguna manera, más realista.

Por otra parte, hay variables de control que se encuentran en el modelo y que es de importancia entenderlas y tenerlas presente a la hora de hacer las interpretaciones y análisis.

- Variables Climáticas: Temperatura Promedio, Máxima Promedio, Mínima Promedio y Precipitaciones Anuales. Para muchos autores es fundamental que se integren estas variables, dado que afectan a las condiciones ambientales, y a la percepción de la salud de la población en general.
- Variables Dummy (Hombre, en pareja, Perteneciente a la RM, Casado o en pareja, desocupado, etc.). Estas variables son importantes para entender e interpretar algunas temáticas referentes a la percepción de la Salud, y son apoyadas por la mayoría de autores que han realizado trabajos similares.
- Variables de Atención Médica. En los modelos se encuentran variables que son de suma importancia para la significancia del modelo, dado que como trabajamos con la percepción de la salud, las experiencias en dicho sistema marcan la diferencia en la Opinión. Estas variables son dos dummies: “No pertenece a un sistema previsional de salud” y “Sin Atención médica en el último mes”
- *Dummy Estado Nutricional Normal*. Esta variable es integrante del grupo de variables de control del modelo, referente al área de la salud. Dentro de la clasificación impuesta por la CASEN, existen diferentes estados nutricionales (desnutrido, normal, sobrepeso y obeso). Se han seleccionado el estado normal y generado una dummy a partir de ésta.

- Por último, fueron agregadas dos variables de control clásicas, que no caben en las clasificaciones previas: La edad y la escolaridad. Ésta última tiene una variable de ajuste, dado que posee un comportamiento cuadrático. A mayor escolaridad, a nivel primario y secundario, se percibe mejor salud, pero en algún punto de la escolaridad, en la transición a la educación terciaria, esta percepción disminuye. Se cree que este comportamiento se debe al mayor conocimiento en los daños de salud, y mayor exigencia para ser catalogados como “satisfechos” por su salud.

Vale mencionar además que fueron probadas otras variables, como estar catalogado como “pobre”, ser una persona “urbana”, se introdujeron también algunos datos del INE que eran poco aplicables con respecto al efecto del consumo de drogas, etc. Todas estas variables no fueron estadísticamente significativas y por dicha razón fueron eliminadas del modelo.

4.1 Primer Modelo de Regresión. Basado en MP₁₀

Para este modelo se ha trabajado con las 56 comunas disponibles, que poseían datos de Material Particulado MP₁₀ en el sitio web del Ministerio de Medio Ambiente. De un total de más 25 variables propuestas, solo serán 16 las que expliquen la Percepción de la Salud.

Dada la complejidad de la categorización de la variable dependiente, la cual corresponde a números naturales, sin intermedios solo se interpretará su signo, y no la elasticidad. Además, no es motivo de la presente tesis evaluar los coeficientes como tal, sino utilizar dos de ellos para calcular la Tasa Marginal de Sustitución, y así la disposición a pagar por el mejoramiento de la calidad ambiental. (Welsch, 2003)

El modelo cuenta con una significancia del 0.275, que fue el mejor r^2 obtenido en los diferentes modelos probados. A continuación se podrán ver la tabla resumen de los coeficientes entregada por el software utilizado.

Tabla 4.1.1: *Coefficientes del Primer Modelo*

Coeficientes					
Variables	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
(Constante)	1,729	0,005		361,522	0,000
MP ₁₀	-0,0006675	0	-0,015	-39,016	0,000
LN_PibPerCapita	0,056211	0	0,092	252,799	0,000
TEMPROM	-0,004	0	-0,011	-14,886	0,000
TEMPMAX	0,0002846	0	0,002	4,378	0,000
TEMPMIN	0,003	0	0,015	38,954	0,000
PRECIPIT	-4,26E-06	0	-0,003	-4,435	0,000
Escolaridad	0,019	0	0,139	119,43	0,000
ESC2	-0,00926	0	-0,02	-16,847	0,000
r3: Edad	-0,009	0	-0,303	-682,742	0,000
HOMBRE	0,04	0	0,036	114,386	0,000
Casado o Conviviente	0,008	0	0,007	22,213	0,000
Estado Nutricional Normal	0,136	0,001	0,08	203,948	0,000
Desocupado	0,026	0,001	0,011	35,133	0,000
Dummy Region Metropolitana	0,022	0,001	0,019	42,094	0,000
SIN PREVISION DESALUD	0,022	0,001	0,008	25,236	0,000
Sin Atención Medica en los ultimos 30 dias	0,512	0	0,336	1065,79	0,000

a. Variable dependiente: PERCSALUD

Fuente: Elaboración Propia a partir de Encuesta Casen 2009

Como ya lo ha sido mencionado, se ocuparán solo los coeficientes no tipificados, dado que no es objetivo de la presente tesis evaluar la elasticidad ni estandarizar las medidas de las variables.

Sin embargo, se analizará los signos de los coeficientes del modelo, evaluando la lógica que lo precede y si está dentro de lo esperado.

- *Material Particulado MP₁₀*. Tal como la literatura la menciona en numerosas ocasiones, y apoyando la lógica, el nivel de contaminación se relaciona negativamente con la percepción de salud por parte de la sociedad. Gratamente, se puede ver como una variable que no estaba integrada dentro de la base de datos original, pudo ser funcional a ésta y entregar datos de suma relevancia para nuestro estudio.
- *Ingreso Per Cápita (Ln)*. Similar al comportamiento esperado y a la literatura referente, el ingreso en su forma logarítmica (interpretación lineal/porcentual), tiene una relación positiva con la percepción de la salud, indicando que a mayor nivel de ingreso, mejor es la percepción de salud en la familia.
- *Temperatura y Precipitaciones*. Estas variables han sido las únicas que han presentado anomalías de interpretación. Si bien es lógico que al aumentar la temperatura mínima promedio y máxima promedio la percepción de salud sea mejor (menos frío, menos enfermedades respiratorias, menos contaminación, etc.), existe una relación negativa con la percepción de la salud, sacando a la luz una contradicción con la primera conclusión. Por otra parte, la variable de precipitaciones anuales tuvo un comportamiento esperado: A menos precipitaciones mejor percepción en la salud de la población, dado que al analizar a las urbanidades, en general éstas prefieren días de mejor clima, que días con lluvias. (Ferreira & Moro, 2009)
- *Escolaridad y Escolaridad²*. Tras diversas pruebas tanto en esta regresión como en otras, se ha concluido que existe un comportamiento cuadrático para esta variable. “A medida que me voy educando y mejorando mi calidad de vida, mi percepción de salud va mejorando”. Sin embargo, llega un punto donde mi

exigencia y conciencia por la salud aumenta considerablemente, y los parámetros de satisfacción cambian, y por tanto, cambia la pendiente de la variable.

- *Edad. Esta variable tiene signo negativo.* A medida que los años van pasando, la percepción de la salud va decayendo, entendiéndose por la sensibilidad física.
- *Dummy Hombre.* Es interesante evaluar esta verdad casi universal. El hombre en general tiene mejor salud que la mujer, o por lo menos lo percibe así. Diversos estudios impulsados por centros de investigación y por las ramas de la OMS establecen que en general este es el comportamiento normal de la variable. (Sen *et al.*, 2005).
- *Casado o en Pareja.* Estar casado o en pareja tiene signo positivo con la percepción de la salud. Esto se relaciona además con los estados de felicidad y la satisfacción de vida, que en todos los casos, y según los estudios relacionados, tiende a tener el mismo comportamiento. (Levinson, 2009)
- *Dummy Estado Nutricional Normal.* El comportamiento de esta variable es el esperado. Al tener un estado nutricional normal, la percepción de la salud es mejor.
- *Dummy Desocupado.* Distintas literaturas apoyan la integración de esta variable. Sin embargo, su comportamiento no siempre es el esperado. Cuando se habla de Satisfacción de Vida o Felicidad, normalmente las personas ocupadas tienen una relación positiva con la variable dependiente. En este caso, la relación positiva la tienen la variable desocupado. Se cree que esto se debe a que estando sin empleo, el horario de actividad es más reducido (sin necesidad de madrugar) y carece de stress u otras variables propias que complican los estándares de salud de una persona empleada.

- *Dummy RM.* Dado que existe una alta concentración de datos en la Región Metropolitana, fue adecuado generar una variable que haga la diferencia en el modelo. Todo indica que la percepción de la salud es mejor en la capital de nuestra nación, quizás causado por el mayor y mejor número de centros de atención médica y la cercanía a los mismos.
- *Dummy Sin Previsión de Salud.* Esta variable fue otra de las que causó sorpresa. El no tener previsión mejora la percepción de la salud. El cuestionamiento que se realizó fue ¿Quiénes son las personas que no tienen previsión de salud?, y se descubrió que el promedio de ingreso es mucho mayor cuando esta dummy es uno, que cuando es cero. Por lo tanto se puede deducir que existe un grupo de la sociedad que prefiere no tener FONASA y depender de los servicios estatales, ni tampoco quiere estar en una ISAPRE, tal vez por los altos costos que debe asumir, dado que normalmente no tiene ningún problema de salud. Por tanto resulta lógico, que personas que no tienen previsión de salud tenga mejor percepción de ella, y tal vez, con menores problemas de salud en la realidad.
- *Dummy Sin Atención Médica en los Últimos 30 días.* Esta variable fue la última en integrarse al modelo, y fue la que mostró la subjetividad de la variable dependiente. Si una persona no visitó a un doctor en los últimos 30 días, su percepción de la salud es mucho mejor, independiente si visitó 10 veces el último año. Existe una fuerte incidencia en el estado de ánimo y en la experiencia a corto plazo, para determinar la percepción de la salud personal, que tal vez podría mirarse en base a un periodo más largo, como un año o incluso una década. Sin embargo, la mirada es cortoplacista, y se basa en lo que ocurrió en los últimos 30 días: *“Si no he ido al doctor, mi percepción de la salud es significativamente mejor”*.

Pruebas Estadísticas

- Heterocedasticidad

Para velar por la correcta eficiencia del modelo (siendo siempre un modelo insesgado y lineal), la homocedasticidad de un modelo debe ser evaluada. Sin embargo, la variabilidad de los fenómenos económicos, independiente de la manera en que se mida, no sólo muestra variación en las medias sino que además muestra evidentes comportamientos heterocedásticos, por lo que es común encontrar este tipo de situación en nuestros modelos. (De Arce & Mahía , 2007). Para comprobar esto se realizará el Test de White, teniendo como hipótesis nula de igualdad de varianzas (existencia de homocedasticidad), evaluando la probabilidad de que esta exista, aceptando dicha hipótesis con una significancia de más del 5%. La información del Test es la siguiente.

Tabla 4.1.2: *Prueba de Heterocedasticidad primer modelo.*

Heteroskedasticity Test: White			
F-statistic	2.462.075	Prob. F(141,44081)	0.0000
Obs*R-squared	3.228.456	Prob. Chi-Square(141)	0.0000
Scaled explained SS	4.820.373	Prob. Chi-Square(141)	0.0000

Fuente: Elaboración Propia a partir de Casen 2009

Para el caso de la regresión basada en MP₁₀, se rechaza la hipótesis nula, concluyendo la presencia de un modelo con heterocedasticidad, que si bien no lo invalida, demuestra que no es del todo eficiente.

- Autocorrelación

En lo referente a la Autocorrelación, se basará la comprobación en el estadístico Durbin-Watson para evaluar este aspecto.

Tabla 4.1.3: *Prueba de Autocorrelación primer modelo.*

Resumen del modelo					
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Durbin-Watson
1	,525 ^a	,275	,275	,48618	1,897

Fuente: Elaboración Propia a partir de Casen 2009

Por norma estadística, si el valor entregado por Durbin-Watson es cercano a 2, se establece que el modelo carece de Autocorrelación, como es el presente caso. (Martín, 2012) (Berrendero, 2012).

- Multicolinealidad

Para este cálculo se utilizará el factor de inflación de la varianza (FIV) como herramienta estadística a fin de comprobar la presencia de Multicolinealidad en el modelo. En caso de que ésta existiese, el FIV tanto del modelo como tal ($FIV=1/1-R^2$), y de las variables (Tabla de SPSS) debe ser mayor a 10. (Uriel, 2006). En nuestro caso, el FIV calculado es de 1,379 y el FIV de las variables se comporta de la siguiente manera.

Tabla 4.1.4: *Prueba de Multicolinealidad primer modelo.*

Coeficientes		
Modelo	Estadísticos de colinealidad	
	Tolerancia	FIV
(Constante)		
Escolaridad	,070	14,308
TEMPROM	,183	5,471
HOMBRE	,977	1,023
MP ₁₀	,607	1,649
Casado o Conviviente	,855	1,170
Estado Nutricional Normal	,612	1,633
Desocupado	,961	1,040
Dummy Región Metropolitana	,467	2,142
LN_PibPerCapita	,711	1,407
SIN PREVISION DESALUD	,989	1,011
Sin Atención Medica en el ultimo mes	,956	1,046
TEMPMAX	,440	2,272
TEMPMIN	,628	1,594
PRECIPIT	,197	5,088
ESC2	,070	14,348
r3: Edad	,483	2,072

Fuente: Elaboración Propia a partir de Casen 2009

Como se puede ver, solo la variable ESC Y ESC² poseen un FIV superior a 10, por ser una producto de otra. Por lo tanto, se establece que el modelo carece de multicolinealidad.

Monetización

Como fue explicado en el marco teórico, para monetizar la incidencia de la contaminación en la percepción de la salud, en primer lugar se debe obtener la Tasa Marginal de Sustitución, que es la razón entre el coeficiente del MP_{10} y el coeficiente del Ingreso.

En este caso, los coeficientes son los siguientes.

β (Coeficiente MP_{10})	- 0,000667597946265809
α (Coeficiente \ln IngresoPerCapita)	0,0562116765454061

Es fundamental tener el número lo más preciso posible para que la TMS sea efectivamente la real. La división de ambos coeficientes entrega un valor de la Tasa Marginal de Sustitución de -0,01188. Una vez ya teniendo este valor, debe ser multiplicado por el ingreso individual de nuestras ciudades, Temuco y Padre Las Casas. Generalmente, y en los estudios que ya se han mencionado, se ha ocupado el ingreso per cápita promedio para realidad el calculo del DAP, sin embargo la desigualdad en nuestro país produce una gran dispersión en los valores, que como ya se ha mencionado, se cree que no es una medida del todo precisa para utilizarla como proxy del ingreso individual. Para graficar esto, se calculará la DAP con ambas medidas estadísticas. Los datos, extraídos de la CASEN, son los siguientes.

Ciudad	Mediana del Ingreso	Media del Ingreso
Temuco	\$ 102.990	\$ 210.920
Padre Las Casas	\$ 71.260	\$ 87.184

Pero se debe considerar que estos ingresos Son Mensuales, y se deben obtener los anuales. Una vez obtenidos estos valores de ingreso mediano (y medio) anual, se multiplica (con signo negativo) por la TMS, entregando el valor de Disposición a Pagar Individual por el mejoramiento del aire en nuestras ciudades. Este último valor debe ser multiplicado por la población total de las comunas, entregándonos el valor final (en pesos

y en dólares) de la Disposición a Pagar como comunidad por una mejor calidad del aire. Todo lo anterior mencionado se observa en las siguientes tablas.

Tabla 4.1.5: *Cálculo de la DAP utilizando Ingreso Mediano*

Comuna	Ingreso Mediano	Población	Ingreso Mediano Anual	DAP Individual	DAP Colectivo (Pesos)	DAP Colectivo (US\$)
Temuco	\$ 102.990	338.813	\$ 1.235.880	\$ 14.677,93	\$ 4.973.072.872,13	\$ 9.946.145,74
P. Las Casas	\$ 71.260	73.396	\$ 855.120	\$ 10.155,83	\$ 745.397.461,63	\$ 1.490.794,92
					Total DAP US\$	\$ 11.436.940,67

Fuente: Elaboración Propia a partir de Encuesta CASEN 2009

Tabla 4.1.6: *Cálculo de la DAP utilizando Ingreso Medio.*

Comuna	Ingreso Medio	Población	Ingreso Medio Anual	DAP Individual	DAP Colectivo (Pesos)	DAP Colectivo (US\$)
Temuco	\$ 210.920	338.813	\$ 2.531.040	\$ 30.059,90	\$10.184.683.272,07	\$ 20.369.366,54
P. Las Casas	\$ 87.184	73.396	\$ 1.046.208	\$ 12.425,29	\$ 911.966.493,05	\$ 1.823.932,99
					Total DAP US\$	\$ 22.193.299,53

Fuente: Elaboración Propia a partir de Encuesta CASEN 2009

Como se había comentado anteriormente, se puede ver que existe una diferencia considerable en lo que se considera como ingreso representativo de las personas, afectando la Disposición a Pagar considerablemente. Como se puede ver, el valor final de la Disposición a Pagar, basándonos en la contaminación por MP₁₀, es de US\$11.436.940,67 utilizando el Ingreso Mediano y US\$22.193.299,53 utilizando el ingreso medio, que es el valor que la sociedad en su conjunto esta dispuesta a pagar por la reducción de 1 µg/m³ de MP₁₀ en un año. Este ejercicio de comparación solo será realizado con esta regresión, con el propósito de comprender el efecto de ocupar distintas medidas estadísticas para el ingreso individual. A posterior, solo se trabajará con la **Mediana** que, creemos, es la indicada para los cálculos posteriores ya que representa una justa medida del ingreso individual.

Por último, se realizará una simulación ilustrativa, que mostrará la inversión necesaria para cumplir con la meta de poseer un promedio anual en MP_{10} equivalente a $34,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Se debe considerar que al año 2009, el promedio de MP_{10} anual es de $64,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por tanto se requiere una disminución cercana a los $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ antes del año 2018.

Desde el año 2012 al 2018 la DAP para el mejoramiento en la calidad del aire es igual, como ya ha sido mencionado, a US\$11.436.940,67 anuales, y por tanto a US\$80.058.584,69 en la totalidad de años restantes para alcanzar la meta. Sin embargo, se debe actualizar los datos con la tasa social de descuento dispuesta por el Ministerio de Desarrollo Social (2012) equivalente al 6%. En este caso la Disposición a pagar por parte de la sociedad equivale a US\$67.676.087,24 para los años restantes, disminuyendo solo $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por año. Por otra parte, el PDA para Temuco y Padre las Casas apuesta a disminuir en casi $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con una inversión cercana a los US\$30.000.000. Como se puede ver, el PDA contempla una meta mucho más amplia, y con una inversión mucho menor, por lo que se establece que el plan de descontaminación es socialmente rentable.

4.2 Segundo Modelo de Regresión Basado en $MP_{2.5}$

Para este modelo, se ocuparán 45 comunas disponibles con datos de Material Particulado 2.5. Dado que la variable dependiente es la misma, los comportamientos de las variables son similares, con coeficientes prácticamente iguales, por lo que por fines prácticos, se obviarán las explicaciones ya entregadas en el primer modelo.

El modelo cuenta con una significancia de 0.277, similar a la del anterior modelo. A Continuación se verá la tabla de coeficientes, los cuales será ocupada para obtener la Tasa Marginal de Sustitución.

Tabla 4.1.7: *Coefficientes de Segundo Modelo*

Coeficientes					
Variables	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
(Constante)	1,542	0,007		211,027	0,000
MP _{2.5}	-0,0002380	0	-0,002	-3,477	0,001
LN_PibPerCapita	0,05752	0	0,097	235,122	0,000
TEMPROM	0,006	0	0,011	12,45	0,000
TEMPMAX	-0,001	0	-0,009	-12,896	0,000
TEMPMIN	0,002	0	0,009	25,644	0,000
PRECIPIT	3,09E-05	0	0,019	20,388	0,000
HOMBRE	0,033	0	0,029	83,368	0,000
Casado o Conviviente	0,009	0	0,008	21,518	0,000
Estado Nutricional Normal	0,14	0,001	0,083	190,565	0,000
Desocupado	0,023	0,001	0,01	27,625	0,000
Dummy Region Metropolitana	0,026	0,001	0,02	34,829	0,000
Sin Sistema Previsional de Salud	0,014	0,001	0,005	14,45	0,000
Sin Problemas de Salud en los últimos 30 días	0,517	0,001	0,343	981,117	0,000
r3: Edad	-0,009	0	-0,298	-606,45	0,000
Escolaridad	0,021	0	0,153	117,371	0,000
ESC2	-0,000203	0	-0,03	-23,252	0,000

a. Variable dependiente: PERCSALUD

Fuente: Elaboración Propia a partir de CASEN 2009

Como se puede ver, al igual que en el modelo anterior todas las variables son estadísticamente significativas, y tienen un comportamiento similar (en términos de relaciones por signo), que el modelo anterior.

Pruebas Estadísticas

- Heterocedasticidad

Al igual que en el modelo anterior, se realizará el Test de White, para verificar la homocedasticidad del modelo, teniendo como hipótesis nula de igualdad de varianzas (existencia de homocedasticidad), evaluando la probabilidad de que esta exista, aceptando dicha hipótesis con una significancia de más del 5%. La información del Test es la siguiente:

Tabla 4.1.8: *Prueba de Heterocedasticidad del segundo modelo.*

Heteroskedasticity Test: White			
F-statistic	1.266.581	Prob. F(15,34715)	0.0000
Obs*R-squared	1.802.121	Prob. Chi-Square(15)	0.0000
Scaled explained SS	2.713.973	Prob. Chi-Square(15)	0.0000

Fuente: Elaboración Propia a partir de CASEN 2009

Para nuestro caso, y al igual que en el modelo anterior, se rechaza la hipótesis nula, encontrándonos en presencia de un modelo con heterocedasticidad, que si bien no lo invalida, demuestra que no es del todo eficiente. Vale recordar que esto es un comportamiento clásico de variables que explican comportamientos económicos, sobretodo los ligados a ingresos (De Arce & Mahía , 2007)

- Autocorrelación

En este caso, se utilizará el estadístico Durbin Watson que es entregado por el software SPSS, como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 4.1.9: *Prueba de Autocorrelación segundo modelo.*

Resumen del modelo					
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Durbin-Watson
1	,526 ^a	,277	,276	,48894	1,914

Fuente: Elaboración Propia a partir de CASEN 2009

Como ya ha sido mencionado, por norma estadística, si el valor entregado por Durbin-Watson es cercano a 2, se establece que el modelo carece de Autocorrelación, como es el presente caso. (Martín, 2012) (Berrendero, 2012).

- Multicolinealidad

Como ya ha sido mencionado, para este cálculo se utilizará el factor de inflación de la varianza (FIV) como herramienta estadística para comprobar la presencia de Multicolinealidad en el modelo. El FIV de nuestro modelo es de 1,38, muy por debajo de lo requerido, y la tabla de Colinealidad es la siguiente.

Tabla 4.1.10: *Prueba de Multicolinealidad primer modelo.*

Coeficientes		
Variables	Estadísticos de colinealidad	
	Tolerancia	FIV
(Constante)		
MP _{2.5} Santiago Diferenciado	,242	4,132
LN_PibPerCapita	,740	1,352
Sin Sistema Previsional de Salud	,990	1,010
Sin Problemas de Salud en los últimos 30 días	,960	1,042
ESC2	,073	13,676
Dummy Región Metropolitana	,348	2,870
Desocupado	,955	1,047
Casado o Conviviente	,873	1,146
Estado Nutricional Normal	,610	1,638
HOMBRE	,978	1,023
TEMPROM	,198	5,062

TEMPMAX	,255	3,916
TEMPMIN	,638	1,568
PRECIPIT	,143	6,985
Escolaridad	,073	13,739
r3: Edad	,480	2,082

Fuente: Elaboración propia a partir de CASEN 2009.

Como se puede ver, solo las variables de escolaridad presentan colinealidad, dado que una proviene de la otra. Con esto, se puede concluir que el modelo carece de Multicolinealidad.

Monetización

Al igual que en el modelo anterior, para obtener el valor monetario de la disposición a pagar, se debe en primera instancia conocer el valor específico de los coeficientes de las variables de material Particulado MP_{2.5} y del Ingreso:

β (Coeficiente MP _{2.5})	- 0,00023801531970524
α (Coeficiente LnIngresoPerCapita)	0,0575255949818147

A partir de estos datos, se puede obtener la Tasa Marginal de Sustitución, que en este caso tiene un valor de -0,00414. Este valor se debe multiplicar, al igual que en el caso anterior, por el Ingreso mediano individual mensual de las comunas locales, que son los siguientes datos.

Temuco	\$ 102.990
Padre Las Casas	\$ 71.260

Ahora se debe realizar el mismo proceso que en el caso anterior, pero esta vez solo se trabajará con el ingreso per cápita mediano anual. Una vez obtenido el este dato, es multiplicado por la TMS. Este dato dará la Disposición a Pagar individual, que multiplicada por la población de Temuco y Padre las Casas, entregará la DAP a nivel colectivo, para ambas comunas, en pesos chilenos y en dólares. A continuación se entrega la tabla descriptiva con todos los valores

Tabla 4.1.11. *Cálculo de la DAP segundo modelo*

Comuna	Ingreso Mediano	Población	Ingreso Mediano Anual	DAP Individual	DAP Colectivo (Pesos)	DAP Colectivo (US\$)
Temuco	\$ 102.990	338.813	\$ 1.235.880	\$ 5.113,52	\$ 1.732.527.598,72	\$ 3.465.055,20
P. Las Casas	\$ 71.260	73.396	\$ 855.120	\$ 3.538,11	\$ 259.682.837,45	\$ 519.365,67
					Total DAP US\$	\$ 3.984.420,87

Fuente: Elaboración Propia a partir de CASEN 2009

En este modelo, la Disposición a Pagar por parte de ambas comunas por una mejora en la calidad de aire es de US\$ 4.984.420,87. Como se puede ver, con la variable $MP_{2.5}$ en el modelo, el DAP disminuye considerablemente. Esto puede ser atribuible a distintos factores, como por ejemplo las diferencias en la estructura social y económica de las comunas analizadas, entre otros elementos.

Al igual que en el modelo anterior, se ilustrará la dinámica de inversión que la sociedad esta dispuesta a entregar para el mejoramiento de la calidad del aire. El promedio de $MP_{2.5}$ en Temuco para el año 2009 es de $42,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y el estándar exigido por la OMS es de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo que tendrán que disminuir el promedio en $32,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Si bien el PDA para Temuco y Padre las Casa no considera dentro de sus objetivos la

disminución directa de este material particulado, vale considerar que para el año 2018 se está dispuesto a pagar un monto de US\$23.577.110,54 (descontado a la tasa social de descuento del 6%). Vale destacar que existe una relación entre la contaminación del MP_{10} y la provocada por el $MP_{2.5}$, que si bien no es lineal, generan impactos. Es decir, al disminuir la contaminación por MP_{10} , se verá una disminución no lineal del $MP_{2.5}$, que provocará un mejoramiento del aire en nuestra ciudad.

Capítulo 5.

Conclusiones

Como fue mencionado en un principio, en nuestra región se ha impulsado un Plan de Descontaminación Atmosférico para Temuco y Padre Las Casas, que se ha caracterizado por su inminente necesidad, pero también por el desconocimiento en la sociedad de que tan útil será su ejecución. Este plan cuenta con una inversión cercana a los US\$ 30.000.000, entre el aporte público y privado, para que en un periodo de tiempo no muy prolongado se puede tener índices de contaminación apropiados para cumplir las normas nacionales y acercarse a la propuesta por la OMS (CONAMA, 2007).

Se ha podido comprobar en la presente tesis, que en la sociedad actual, tanto a nivel internacional como a nivel local existe una importante valoración del aire limpio, y que si bien a diferencia de otros países la conciencia sobre el cuidado medio ambiental no ha sido desarrollada del todo, nuestra población entiende la importancia e impacto de la contaminación en la salud y en el bienestar de cada individuo.

Es importante recalcar que en la presente tesis fue ocupado el método de percepción del estado de la salud de las personas, el cual no tiene precedentes de aplicación en nuestro país para objetivos de valoración ambiental. A diferencia de otros métodos que buscan entender la preferencia de la sociedad, como la valoración contingente, este método no permite que exista un sesgo o manipulación de los respuestas por parte de los encuestados, dado que la consulta sólo hace referencia a la percepción de su estado de salud, sin que sea de su conocimiento que se realizará un cruzamiento con datos de contaminación ambiental. Es por esto que las respuestas entregadas carecen de problemas referentes a la manipulación que puedan hacer los encuestados.

Por otra parte, en términos técnicos y específicos, se debe considerar que si bien el método que fue ocupado tiene grandes ventajas, la modificación del modelo (aumento o sustracción de variables, cambio en formas funcionales, etc.) puede generar un cambio en los coeficientes, alterando asimismo la Tasa Marginal de Sustitución y a su vez, la Disposición a Pagar por parte de cada individuo de la sociedad. Es por esto, que se ha sido

minuciosos en escoger las variables y sus formas funcionales, realizando diversas pruebas, de modo que su nivel de ajuste sea el óptimo.

Por otra parte es maravilloso ver como a nivel internacional ciertas variables han comenzado a tomar relevancia en los análisis macroeconómicos, donde si bien el crecimiento del PIB, la inflación y el desempleo siguen siendo importantes, otras variables como el bienestar percibido de las personas, su nivel de desarrollo e integración con el medio ambiente son foco de atención por parte de organizaciones internacionales.

Gracias a esto se pudo establecer que, sin lugar a dudas, a nivel internacional la percepción de la calidad del aire afecta directamente el bienestar de las personas. Si bien esta afirmación puede ser básica, resulta valiosa para constituir un marco introductorio a cualquier política a nivel internacional o local que busque el bien de la generación presente y de las generaciones futuras.

En nuestro país, y en especial en nuestras ciudades de Temuco y Padre las Casas, se puede visualizar un plan de descontaminación atmosférico sin precedentes en Chile, pero tardío, dado que durante décadas estas comunas han presentado alarmantes niveles de MP_{10} y $MP_{2,5}$ en el aire. Sin embargo, se pudo establecer de que manera la población de estas ciudades valoriza la calidad del aire, y cuanto están dispuestos a pagar para que los niveles de contaminación disminuyan progresivamente en el aire.

Por otra parte, resulta agradable saber que la Tasa Marginal de Sustitución obtenida en el presente trabajo, es equivalente a la obtenida por autores internacionales, como Levinson (2009), quien realizó un estudio con características semejantes a las nuestras en diferentes ciudades de Estados Unidos, obteniendo resultados similares. Además, existen otros estudios realizados que si bien poseen algunas diferencias metodológicas, como los de MacKerron & Mourato (2008), Welsch (2003) y Frey, Luechinger & Stutzer (2009), concluyen con resultados similares a los de la presente tesis.

Los dos modelos realizados entregan información de cuanto estarían dispuestos a pagar anualmente los habitantes de la comuna de Temuco y Padre Las Casas por la disminución de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de material Particulado en el aire (propio de la definición de Marginal, de la TMS). Es por esto que el modelo entrega información de que el PDA tiene una inversión acertada, y que es socialmente rentable ejecutarlo, dado que la multiplicación de las DAP (el de MP_{10} y el del $\text{MP}_{2,5}$) por los $\mu\text{g}/\text{m}^3$ requeridos para estar en la norma, anuncia de que en ambos casos el valor de la inversión es menor que la máxima cantidad dispuesta a pagar por la sociedad en el período considerado. Además, se ha visto que para los distintos plazos que se puedan prever, la inversión del PDA es evidentemente menor a la DAP por parte de los habitantes de estas ciudades, y por tanto, el plan, en todos los casos, es socialmente rentable.

Bibliografía

- Palgrave Macmillan. (2012). *The New Palgrave Dictionary of Economics*. Recuperado el 31 de 07 de 2012, de <http://www.dictionaryofeconomics.com/dictionary>
- Azqueta Oyarzún, D. (1999). *Valoración Económica de la Calidad Ambiental*. Madrid: McGraw-Hill.
- Barzev, R. (2002). *Guía Metodológica de Valoración de Bienes, Servicios e impactos ambientales*. Managua: Corredor Biológico Mesoamericano.
- Berrendero, J. (2012). *Breve guión para las prácticas con SPSS*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Cerda Urrutia, A. (2003). *II Curso: "Instrumentos de mercado y fuentes de financiamiento para el desarrollo sostenible"*. Cartagena de Indias: Centro de Formación AECL.
- Cerda Urrutia, A., Vásquez Lavín, F., & Orrego Suaza, S. (2007). *Valoración Económica del ambiente*. Buenos Aires: Thomson.
- Cerda, A., García, L., & Bahamondez, A. (2010). *Disposición a pagar para mejorar la calidad del Aire en Talca, Chile: Comparación entre usuarios y no usuarios de Chimeneas a leña*. Medellín: Lecturas de Economía.
- Chevalier, & Giovanis. (2010). *Valuing Air Pollution in Britain*. Surrey: Royal Holloway University.
- Cifuentes, L. (2004). *Valoración económica y ambiental aplicada a casos del manejo de la Calidad del Aire y Control de la Contaminación*. BID.
- Cifuentes, L. (2007). *El costo del status quo: Valoración económica del costo social de la contaminación atmosférica en ciudades latinoamericanas*. Santiago: Universidad Católica de Chile.

- Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). (s.f.). *Descontaminación Atmosférica en Centros Urbanos*. Recuperado el 23 de Marzo de 2012, de <http://www.sinia.cl/1292/w3-propertyvalue-15492.html>
- CONAMA. (2007). *Plan de Descontaminación Atmosférico para Temuco y Padre las Casas*. Santiago: Ministerio Secretaría General de la Presidencia.
- De Arce, R., & Mahía, R. (2007). • *Conceptos básicos sobre la heterocedasticidad en el modelo básico de regresión lineal tratamiento con E-views*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Ecosystem Valuation Organization. (s.f.). *Ecosystem Valuation Organization*. Recuperado el 09 de Abril de 2012, de <http://www.ecosystemvaluation.org/>
- Elstad, & Krokstad. (2003). *Social causation, health-selective mobility, and the reproduction of socioeconomic health inequalities over time: panel study of adult men*. Verdal: Social Science & Medicine.
- Ferreira, S., & Moro, M. (2009). *On the Use of Subjective Well-Being Data for Environmental Valuation*. Dublin: Stirling Management School.
- Freeman, M. (1993). *The measurement of environmental and resource values: Theory and methods*. Washington DC: Resources of the Future.
- Frey, B., Luechinger, S., & Stutzer, A. (2009). *The Life Satisfaction Approach to Environmental Valuation*. Bonn, Alemania: Institute for the Study of Labor (IZA).
- Guerra-García, G. (1997). *El Análisis Económico del Derecho en Perspectiva*. Lima: CATHEDRA.
- Herruzo, C. (2002). *Fundamentos y Métodos para la valoración de bienes ambientales*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Levinson, A. (2009). *Valuing Public Goods Using Happiness Data: The Case of Air Quality*. Cambridge: NBER.

- MacKerron, G., & Mourato, S. (2008). *Life satisfaction and air quality in London*. Londres: Elsevier.
- Mankiw, G. (2002). *Principios de Economía*. Madrid: McGraw-Hill.
- Martín, R. (2012). *Regresión Lineal con SPSS*. Castilla-La Mancha: Universidad de Castilla-La Mancha.
- MIDEPLAN. (2009). *CASEN 2009. Informe Metodológico*. Santiago de Chile: MIDEPLAN.
- Ministerio de Desarrollo Social. (2012). *Precios Sociales para la Evaluación Social de Proyectos*. Santiago: Gobierno de Chile.
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República. (1998). *NORMA DE CALIDAD PRIMARIA PARA MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE MP10 D.S. N° 59*. Valparaíso: Estado de Chile.
- MMA. (2012). *Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire*. Recuperado el 12 de 06 de 2012, de <http://sinca.mma.gob.cl/>
- OMS. (2006). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización 2005*. Ginebra: Ediciones de la OMS.
- OMS. (2011). *Calidad del aire y salud. Nota Descriptiva N° 313*. Recuperado el 2012 de 05 de 02, de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/index.html>
- ONU. (2010). *Human Development Report*. New York: PNUD.
- ONU. (2011). *Informe sobre Desarrollo Humano 2011. Sostenibilidad y equidad: Un mejor futuro para todo*. New York: ONU.

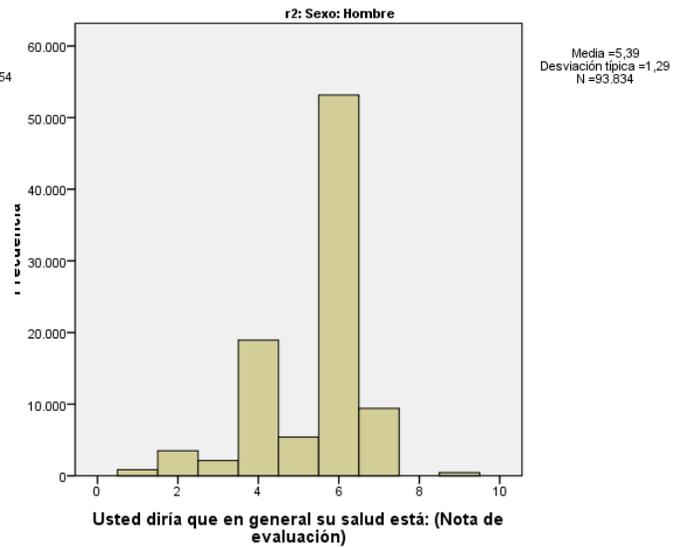
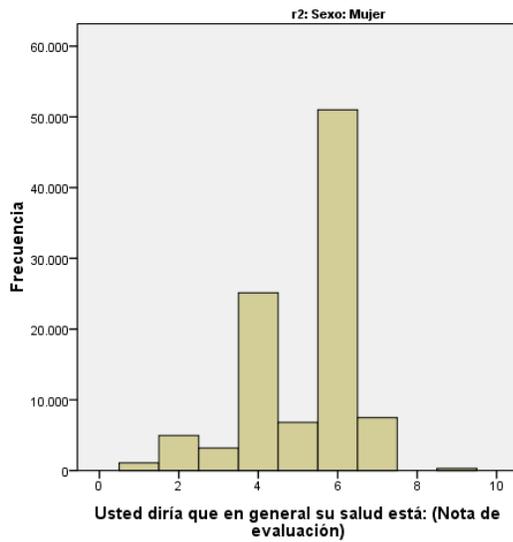
- ONU. (2012). *Acerca del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo*. Recuperado el 12 de 05 de 2012, de Organización de las Naciones Unidas (ONU): http://www.undp.org/content/undp/es/home/operations/about_us.html
- Organización de Naciones Unidas (ONU). (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development. Our Common Future*. Nairobi, Kenia: Oxford University Press.
- Ostro , B., Eskeland, G., Sanchez, J., & Aranda, C. (1995). *Air Pollution and Mortality: Results from Santiago de Chile*. Washington DC: World Bank.
- Pindyck, R., & Rubinfeld, D. (2009). *Microeconomía*. Roma: Pearson.
- Ramirez, Gallegos, & Sepúlveda. (2004). *The Determinants of the Health Status in a Developing Country: Results from the Colombian Case*. Bogotá: Universidad de Rosario.
- Rehdanz, K., & Maddison, D. (2006). *Local Environmental Quality and Life-Satisfaction in Germany*. Hamburg: ZMAW.
- Rueda L., H. (2009). Debilidades de la Teoría del Equilibrio General. *Revista EAN*, 107-121.
- Sanhueza, Díaz, & Torreblanca. (2007). *Análisis del Efecto a corto plazo de la Contaminación Atmosférica por Material Particulado Respirable sobre la Mortalidad y Morbilidad por Enfermedades Respiratorias y Cardiovasculares en Temuco*. Santiago de Chile: Departamento de Ingeniería Geográfica, USACH.
- Sen, George, & Östlin. (2005). *Incorporar la perspectiva de género en la equidad en salud: un análisis de la investigación y las políticas*. Cambridge: Organización Panamericana de la Salud.
- Smyth, e. a. (2008). *Environmental Surroundings and Personal Well-being in Urban China*. Melbourne: Monash University.

- Tietenberg, T. (1988). *Environmental and natural resource economics*. Boston: Scott Foresman and Company.
- Tietenberg, T., & Lewis, L. (2012). *Environmental & Natural Resource Economics*. New Jersey: Pearson.
- Uriel, E. (2006). *Multicolinealidad*. Valencia: Universidad de Valencia.
- Welsch, H. (2003). *Environment and Happiness: Valuation of Air Pollution in Ten European Countries*. Berlin: German Institute of Economic Research .

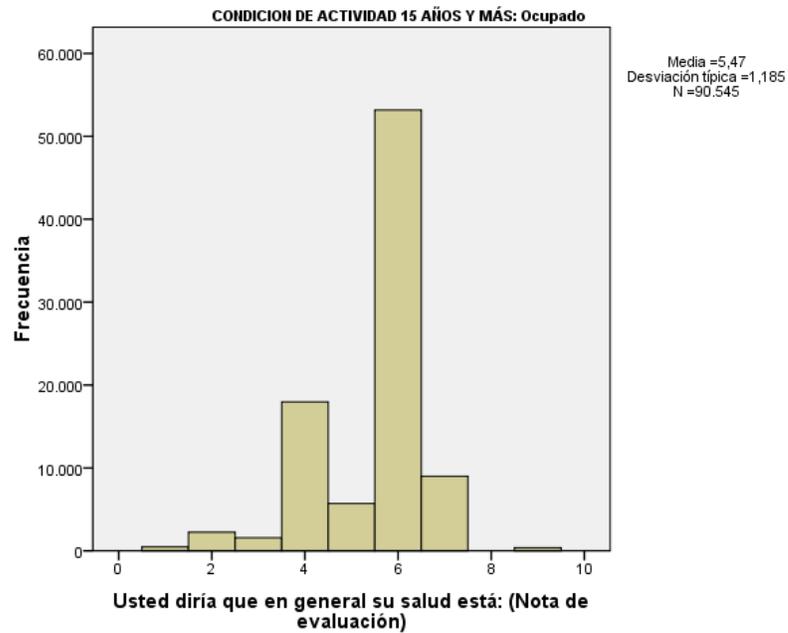
Anexos

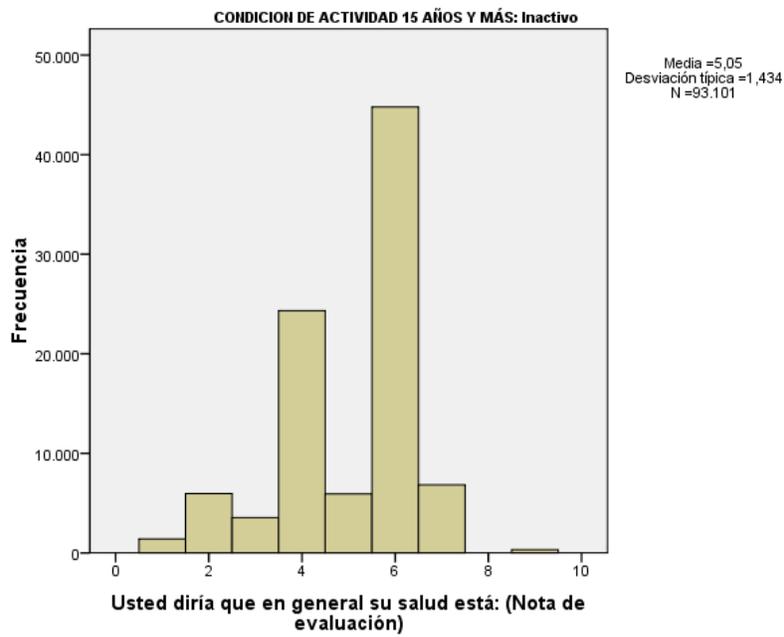
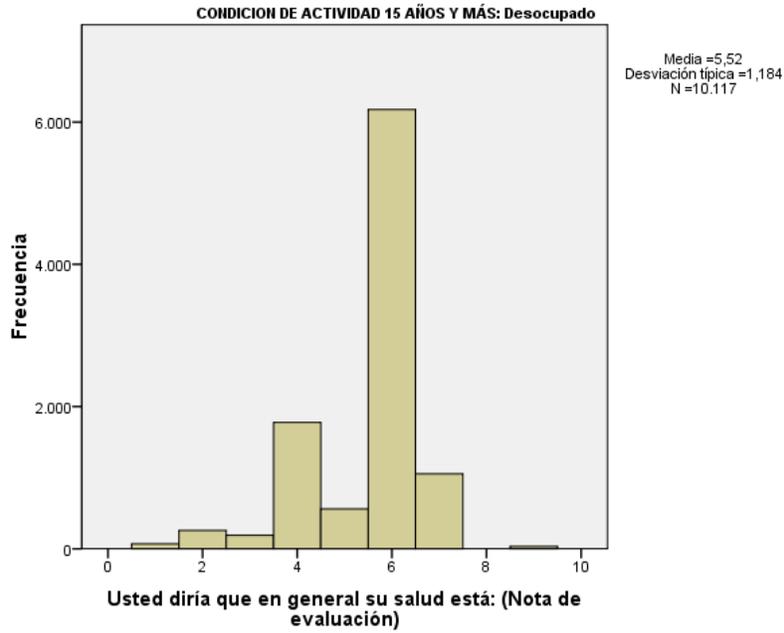
Anexo 1: Estadística Descriptiva Percepción de la Salud

- Hombre vs. Mujer

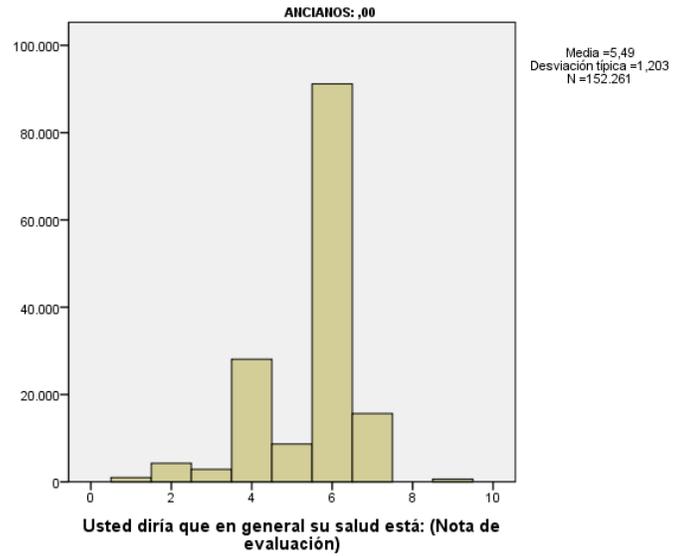
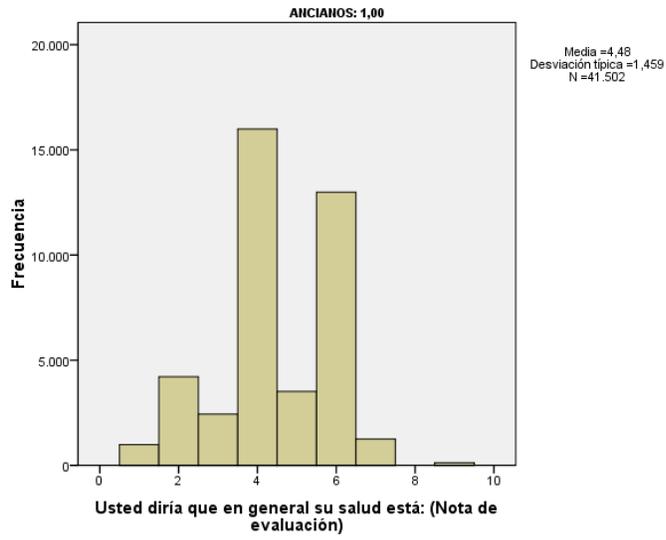


- Ocupado vs Inactivo vs Desocupado





- Ancianos (1) vs. No Ancianos (0)



Anexo 2: Comunas con datos MP₁₀

CIUDADES	MP ₁₀ PROM ANUAL
Antofagasta	40,34
Arica	40,60
Calama	43,37
Chillán	48,87
Concepción	33,42
Concón	43,10
Copiapó	57,53
Coquimbo/Ovalle	45,06
Coyhaique	72,50
Iquique	41,60
Los Ángeles	59,52
Osorno	60,59
Puerto Montt	9,73
Quilpué	43,46
Rancagua	79,87
San Fernando	52,59
Santiago (Quinta Normal)	71,05
Talca	53,27
Temuco	64,35
Tocopilla	50,17
Valdivia	49,36
Valparaíso (Jardín Botánico)	45,74
Cerrillos	67,05
Cerro Navia	71,92
Conchali	62,94
El Bosque	73,11
Estacion Central	62,94
Huechuraba	62,94
Independencia	61,04
La Cisterna	62,94
La Florida	73,63
La granja	62,94
La Pintana	62,94
La Reina	62,94
Las Condes	49,41
Lo Barnechea	62,94
Lo Espejo	62,94
Lo Prado	62,94

Macul	62,94
Maipú	62,94
Ñuñoa	62,94
Pedro Aguirre Cerda	62,94
Peñalolén	62,94
Providencia	62,94
Pudahuel	67,47
Quilicura	80,27
quinta Normal	62,94
Recoleta	62,94
Renca	62,94
San Joaquín	62,94
San Miguel	62,94
San Ramón	62,94
Vitacura	62,94
Puente Alto	52,66
Viña del Mar	45,74
Padre Las Casas	64,35

Anexo 3: Comunas con datos MP_{2.5}

CIUDADES	MP _{2.5} PROMEDIO ANUAL 2009
Concepción	49,41
Temuco y P.L.C	42,4
Rancagua	40,79
Valdivia	39,6
Osorno	35,84
Talca	32,495
Chillan	28,79
Santiago de Chile	27,9
Tocopilla	27,19
Viña	23,56